22102075641

Med
K2676

2189

Geisenheim, Rhein.

DIE ORGANISCHEN REGULATIONEN.

DIE

ORGANISCHEN REGULATIONEN.

VORBEREITUNGEN

ZU EINER THEORIE DES LEBENS

VON

HANS DRIESCH

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1901.

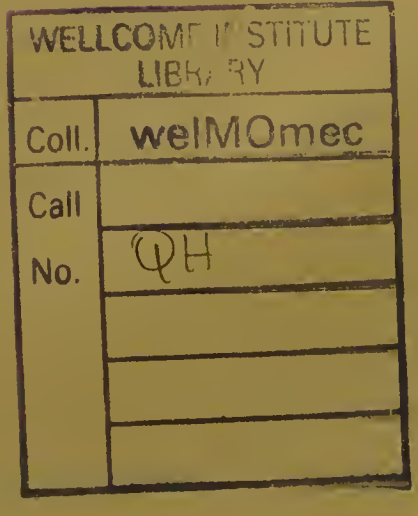
BIOLOGY, Texts · 19 and —

14788121

WELLCOME HISTORICAL MEDICAL LIBRARY

306225

Alle Rechte vorbehalten.



WELLCOME INSTITUTE LIBRARY

Coll.	welMOmec
Call No.	QH

Meinem treuen Freunde

CURT HERBST

gewidmet.

Vorwort.

Es ist in der Bezeichnung dieser Studien als »Vorbereitungen zu einer Theorie des Lebens« schon angedeutet, dass sie, ebenso wie meine Schrift über »die Lokalisation morphogenetischer Vorgänge«, für mich den Theil eines größeren Ganzen bedeuten.

Ich biete diesen Theil namentlich desshalb abgesondert und gleichsam vorweggenommen dem Leserkreise dar, damit sich einst jenes Ganze nicht aus gar zu vielen verschiedenartigen Bestandtheilen zusammensetze und sich vielmehr der Hauptsache rein widmen könne.

In sich ist trotzdem diese Arbeit etwas Geschlossenes; dass die koordinirten Bewegungsregulationen (»Handlungen«, »Instinkte« etc.) aus ihr ausgeschlossen wurden, geschah auch wieder, damit sich später einmal die Betrachtung rein auf dieses in sich geschlossene Gebiet koncentriren könne.

Nehmen wir diese Arbeit, wie sie ist, so ist ihr besonderer Zweck ein doppelter:

Einmal soll sie durch geordnete Darbietung eines großen Thatsachenmaterials und durch Hinweis auf die in ihm vorhandenen Lücken zu neuen experimentellen Forschungen anregen.

Zum Anderen soll sie auf jener Bahn, die nach meiner Ansicht berufen ist, einst eine wahrhaft wissenschaftliche, der Physik ebenbürtige Biologie zu schaffen, auf der Bahn der rationellen Begriffsanalyse und Begriffssynthese, sowohl selbst einen Schritt weiter gehen als auch Anderen eine bequeme Handhabe bieten, ein Gleiches zu thun.

So wird denn vielleicht gerade von der Betrachtung dessen, was bisher für die biologische Forschung nicht mehr als ein Durcheinander einzelner Kuriositäten war, einst die strenge Biologie ausgehen, zunächst ihr einer Zweig, die Regulatorik, darauf wohl auch dessen Gegenstück, die Organisatorik.

Im Sinne dieser beiden Idealdisciplinen war Alles bisher in der Lebenserforschung Geleistete Vorarbeit, auch das Physiologische.

Denn es haftete am Einzelnen, am Gegebenen, es sagte nicht aus über selbstgeschaffene, seien es begrifflich elementare, seien es begrifflich komplexe Größen.

Solches Vorgehen aber, nicht das Experiment allein, ist zur Schöpfung wahrer Wissenschaft erforderlich, und wir werden zu solcher im Biologischen in erheblichem Maße nicht gelangen, so lange nicht das Bedürfnis nach Abstraktion unter den Biologen eine starke Steigerung erfahren haben wird.

Ich kann mir nicht versagen, einige Worte aus Liebmann's »Gedanken und Thatsachen« hier anzuführen[1]), da sie in vorzüglicher Weise vor Augen führen, wie Wissenschaft im strengen Sinne entsteht.

»Als Galilei auf dem schiefen Thurm in Pisa mit Körpern von sehr verschiedenem specifischen Gewicht seine Fallversuche anstellte und in schrägen Rinnen von verschiedener Winkelneigung kleine Kugeln hinunterrollen ließ, da suchte er das Fallgesetz; aber er fand es erst, als und weil er durch reines Nachdenken über die a priori nothwendigen Beziehungen zwischen Raum, Zeit, Geschwindigkeit und Beschleunigung den Begriff und das Gesetz der gleichmäßig beschleunigten Bewegung a priori festgestellt und ein ganzes System mathematischer Vernunftwahrheiten entdeckt hatte. Seine Phoronomie bildet das apriorische Fangnetz, welches er den Thatsachen der Beobachtung geschickt über den Kopf wirft. Mit bloßem Experimentiren und bloßer Induktion ist wenig gethan. Experimentirt haben die Alchymisten auch, und zwar sehr viel; aber den Stein der Weisen haben sie nicht entdeckt«. —

Dass ich mich in dem Bestreben, zu Wissenschaft in meinem Sinne zu gelangen, von jeglicher Dogmatik frei zu machen suchte, versteht sich von selbst. Der Leser wird finden, dass es wohl noch in höherem Maße als früher geschehen ist. Ich hoffe das wenigstens, denn das Dogma des Materialismus erscheint mir darum als fast noch gefährlicher für die Wissenschaftsentwickelung als das Dogma der Kirche, weil es behauptet selbst Wissenschaft zu sein.

An diesem von mir als nothwendig erkannten Bestreben kann mich auch nicht das Bewusstsein irre machen, dass ich mich mit ihm nicht nur mit den Phrasen der Menge, sondern auch mit den Idealansichten einiger von mir hochgeschätzter Forscher in Widerspruch setze.

---

1) Gedanken und Thatsachen II. pag. 175.

Was »uns« gleichwohl, trotz Widerspruches, zusammenhält, ist dieses, dass wir wirklich ein Wissenschaftsideal haben. Diese Gemeinsamkeit macht trotz der Verschiedenheit der Ideale alle Einzelarbeit für uns gegenseitig werthvoll.

Mit Litteraturangaben bin ich bei allen den Gegenständen besonders freigebig gewesen, für die gute zusammenfassende Darstellungen nicht vorlagen.

Derselbe Gesichtspunkt war für die Ausführlichkeit der einzelnen Abschnitte maßgebend.

Die Lehrbücher und Abhandlungen, auf welche auch an dieser Stelle, zur Ergänzung des von mir Gebotenen, besonders hingewiesen sei, sind:

A. Dieudonné, Schutzimpfung und Serumtherapie, 2. Aufl. 1900.

K. Goebel, Organographie der Pflanzen. I. 1898.

C. Herbst, a) Über die Bedeutung der Reizphysiologie für die causale Auffassung von Vorgängen in der thierischen Ontogenese. I. Haupttheil: Die Bedeutung der Richtungsreize etc. Biol. Centr. 14. 1894. II. Haupttheil. 1. Die formativen Reize bei Pflanzen etc. Ebenda 15. 1895.

b) Formative Reize in der thierischen Ontogenese. Leipzig. 1901. (Zugleich Theil 2 von a. II.)

W. Pfeffer. Pflanzenphysiologie. I. 1897[1]).

Obwohl es in sehr vielen Fällen geschah, habe ich mich nicht für verpflichtet gehalten, alle Angaben der genannten Forscher litterarisch nachzuprüfen; ich lehne also die Verantwortung für untergelaufene kleine Irrthümer ausdrücklich ab.

---

1) Die erste Abtheilung von Band II dieses Werkes erschien erst während des Druckes und konnte nur für die letzten Bogen gelegentlich benutzt werden. Sie enthält eine vollständige botanische Formbildungsphysiologie unter Zurücktreten morphologischer und Überwiegen physiologischer Gesichtspunkte, so dass die Ausführungen von Herbst und Pfeffer sich trefflich ergänzen.

Meine vitalistischen Versuche übergeht Pfeffer, wohl von der »Maschinentheorie des Lebens« allzusehr überzeugt.

Seine Ausführungen auf pag. 220—232 bieten zahlreiche Berührungspunkte mit meinem Abschnitt über die »Vermittelung« (B. III. 3.), namentlich im Negativen; zur Frage der Angewöhnung an Gifte bringt er nicht viel mehr als die Thatsache (pag. 337 f. u. 347).

Ein Lehrbuch soll diese Arbeit nicht sein, sondern eine Studie; darum habe ich mir, auch abgesehen vom Vorhandensein guter Darstellungen, große Freiheit in Hinsicht des Umfangs der einzelnen Theile gestattet. Solches gilt namentlich in Hinsicht des Abschnittes über Regeneration, welcher gleichsam eine kleine Studie für sich ist. Es war in der That früher meine Absicht, diese seit lange vorbereiteten Betrachtungen für sich zu veröffentlichen. Ich denke aber, es ist nicht zum beiderseitigen Schaden, dass sie nun den Theil eines größeren Ganzen bilden.

Soll diese Studie zu früheren Arbeiten von mir in nähere Beziehungen gebracht werden, so ist es klar, dass sie in jene Serie gehört, welche sich als Produkte meiner experimentirenden und meiner begriffskritischen Thätigkeit hinstellen. So weist sie denn auch Unterschiede gegen frühere Arbeiten ähnlicher Art nach beiden der namhaft gemachten Richtungen auf.

Meine begriffskritische Thätigkeit ging aus vom Erkennen des Ungenügens der historischen Methode (»Die mathematisch-mechanische Betrachtung morphologischer Probleme der Biologie.« Jena 1891), meine experimentirende ergab als Erstes die Falschheit der Zerlegungstheorie der Entwickelung; als Produkt dieser beiden Ergebnisse erscheint der VI. Theil meiner »Entwickelungsmechanischen Studien« (1892).

Es folgte die Erkenntnis der Nothwendigkeit des teleologischen Standpunktes für die Biologie auf der einen (»Biologie« 1893), die Erkenntnis der Nothwendigkeit einer Analyse der Entwickelungsprobleme auf der anderen Seite (Theil X der »Studien« 1893), das Produkt ist die »Analytische Theorie« (1894).

Weitere Experimentalstudien auf der einen Seite, zumal über die jetzt im Vordergrund stehenden Erscheinungen der »primären und sekundären Regulationen«, ein tieferes Durchdenken des allgemeinen teleologischen Standpunktes auf der anderen (Die »Maschinentheorie des Lebens« Biol. Centr. 16. 1896) führten mich dann zur Einsicht, dass die Teleologie im Bereich des Biologischen, zumal des Morphogenetischen, aus sachlichen und aus logischen Gründen nur die Form einer dynamischen Teleologie, eines »Vitalismus«, haben könne, d. h. zur Erkenntnis der Autonomie der Lebensphänomene. Diese Einsicht kommt zum Ausdruck in meiner »Lokalisation« (1899) und in dieser Schrift.

Zwar sind diese Schriften an sich betrachtet nicht in so starkem Maße als »Produkte« doppelseitiger Thätigkeit zu betrachten, wie etwa die analytische Theorie es ist; es überwiegt in ihnen das Ergebnis der Experimentalforschung, die Beweise sind aus Analyse des Objektiven gewonnen; eben diese Analyse ergab das Unzureichende aller früheren Theorien über Formbildung. Ich aber darf darum doch diese Arbeiten als Produkte meiner zweifachen Thätigkeit ansehen, denn mir selbst ward die subjektive Möglichkeit der mitgetheilten Beweisführung erst gegeben durch eine Reihe begriffsanalytischer Unternehmungen, die in ihrer Gesammtheit wohl erst in einer Reihe von Jahren der Öffentlichkeit mitgetheilt werden können.

Es hängt mit den Eingangs geschilderten Absichten dieser Arbeit zusammen, dass zwei recht verschiedene Theile sie zusammensetzen, der eine (A) Thatsachen in kritischer Fassung mittheilend, der andere (B) abstrahirend und (C) in reinen Begriffsanalysen endigend; der erste naturwissenschaftlich, der zweite, zumal in seiner zweiten Hälfte, »philosophisch«. Man hat mir gerathen, aus dem Gesammtstoffe zwei Arbeiten zu formen. Aber wo hätte ich die Grenze ziehen sollen? Vieles aus dem zweiten Theil schließt sich in engster Weise dem ersten, ihn verarbeitend, an, der Schluss des Ganzen operirt wieder mit den Resultaten dieser Verarbeitung. Wird doch in Zukunft in noch höherem Grade als schon bisher weder der experimentirende Naturforscher der Philosophie, noch der Philosoph der naturwissenschaftlichen Ergebnisse entrathen können.

Sollte gleichwohl dieses Buch an Leser gelangen, deren Neigungen beschränkt sind, so seien den »reinen« Naturforschern vorwiegend der ganze Theil A sowie von Theil B die Abschnitte I—III, den reinen Erkenntniskritikern der Theil C empfohlen.

Die Abschnitte B. VI und VII, die ich ganz besonders als mein Eigenthum ansehe, sollte ich eigentlich beiden Theilen empfehlen können; hier muss aber jede Partei auch für die Anliegenheiten der anderen Interesse haben.

Theil B. VII enthält die beiden Beweise für die Autonomie der Lebensvorgänge, für den »Vitalismus«; der zweite derselben ist von den Darlegungen meiner Schrift über die »Lokalisation« durchaus unabhängig.

Die Aphorismen des Theils B. V haben besonders für Physiologen Interesse, aber auch für Philosophen.

Soll ich endlich diesem Buche einen besonderen Wunsch mit auf den Weg geben, so ist es der, dass es seinen Titel rechtfertigen und sich recht nachhaltig als Vorbereitung für eine Theorie des Lebens erweisen möge.

Heidelberg, den 7. Mai 1901.

Hans Driesch.

INHALT.

Seite

Vorwort VII
Einleitung 1

A. Deskriptiver Theil.

Kapitel I. Stoffwechselregulationen 2
1. Elektion 2
2. Hunger- und Sauerstoffmangel 3
3. Giftimmunität 8

Kapitel II. Energetische Regulationen 14
1. Einfache Fälle 15
2. Osmotischer Druck, Durchlässigkeit 16
3. »Lichtstimmung« und Verwandtes 18

Kapitel III. Morphologische Anpassungen an Äufseres 23
1. Über nicht regulatorische formative Effekte 23
2. Photo- und Barymorphosen 26
3. Wahre Anpassungen an Äußeres 27
a) Photische, mechanische, transspiratorische Anpassungen 27
b) Analyse des Begriffs »Dichogenie« 29
c) Weitere Adaptationen verschiedener Art 32
d) Funktionelle Anpassungen 34

Kapitel IV. Restitutionen oder Wiederherstellungsregulationen . . 35
1. Restitutionen durch Funktionsänderung 36
2. Restitutionen durch Konstruktion 37
a) Botanisches 37
b) Adventivbildungen bei Thieren 41
c) Die thierische Regeneration 43
Entwurf einer analytischen Theorie der Regeneration 44
α) Die Beziehungen zwischen regenerirendem Organ und Regenerat 44
β) Die zwei Hauptphasen des Regenerationsverlaufs 48
γ) Die Beendigung der Regeneration; ihre Etappen. — Unexaktheiten 52
δ) Zusammenfassung 58
ε) Bedingungen der Regeneration 59
ζ) Auslösung der Regeneration 60
η) Die Richtung des Regenerates 62
ϑ) Die Heteromorphose 64

Seite
3. Restitutionen durch Wachsthum und Verlagerung 66
4. Implicite Formrestitutionen 74
5. Restitutionen durch Umdifferenzirung 78
6. Zur Analyse der Begriffe »Bildung« und »Umbildung«. Komplicirte Fälle 81
7. Restitution durch Destruktion 87

B. Theoretischer Theil.

Kapitel I. Definition des Begriffs »Regulation« 91

Kapitel II. Klassifikation der Regulationen 95

1. Von den beiden Grundarten der Regulation 95
2. Katalog der Regulationen, nach ihrer Beziehung zu den allgemeinen Kennzeichen des Organischen geordnet 98

Kapitel III. Der Regulationsverlauf und seine Theile 108

1. Der primäre Reiz 108
2. Der Ort des primären Reizes und der Ort der Reaktion 109
3. Die Vermittelung zwischen primärem Reiz und Reaktion. Der sekundäre oder wahre Reiz 110
4. Die specifische Örtlichkeit der Regulationen. Die Vertheilung der regulativen prospektiven Potenzen 121
5. Beschränkungen der Regulation 123
6. Das Specifische des Regulationseffektes. Der Regulationsmoment . . 127
7. Rückblick auf die Analyse des Regulationsverlaufs 129
8. Anhang: Von der Verbesserung der Regulationen durch schon stattgehabten Verlauf 130

Kapitel IV. Provisorischer Versuch einer Einsicht in die allgemeine Gesetzlichkeit der Regulationen 133

1. Allgemeinheit der Begriffe »primäre« und »sekundäre« Regulation . . 133
2. Stoffwechsel als Grundlage aller Regulationen überhaupt 136
3. Allgemeines über die Beziehungen zwischen Reiz und Effekt bei Regulationen 137

Kapitel V. Gedanken über Athmung und Assimilation 140

Kapitel VI. Analytische Betrachtungen über Formregulationen . . 152

1. Logische Vorbemerkung 152
2. Von der Sonderstellung der Formregulationen 153
3. Von der Vertheilung und der Mannigfaltigkeit der Potenzen für Formregulationen 154
4. Vom Inhalt der Potenzen für Formregulationen 158
5. Exkurs über das allgemeine Vorkommen komplexer Potenzen. (Das »Vererbungsproblem«) 161

Kapitel VII. Versuch eines Einblicks in die Gesetzlichkeit gewisser Formregulationen. — Die Autonomie der Lebensvorgänge 164

1. Vom Begriff des Metaphysischen und seines Gegentheils 164
2. Von den Beziehungsschemen 167
3. Die Differenzirung harmonisch-äquipotentieller Systeme. [*Erster Beweis der Autonomie der Lebensvorgänge*] 170

Seite

4. Die Genese und Existenz äquipotentieller Systeme mit komplexen expliciten Potenzen. [*Zweiter Beweis der Autonomie der Lebensvorgänge*] 183
5. Von der logischen Form der beiden Beweise für die Autonomie der Lebensvorgänge 192
6. Ausblicke 193
a) Bemerkungen über das Cambium und seine Leistungen 193
b) Einiges über Resorptionen 195
c) Schlusserörterung 196

C. Erkenntniskritischer Theil.

Kapitel I. Physik — Chemie — Biologie 198
Kapitel II. Begriff — Möglichkeit — Wirklichkeit 206
Kapitel III. Vom Begriff der Denknothwendigkeit. 208
Kapitel IV. Die Autonomie der Lebensvorgänge und der Begriff der nothwendigen Verknüpfung (Causalität) 210
Kapitel V. Naturwissenschaftliche Methoden. Das Allgemeine in der Morphologie. 216
Schluss 218

Litteraturverzeichnis 221
Zu A. I. 1 u. 2 (Elektion, Hunger, O-Mangel etc.) 221
Zu A. I. 3 (Giftimmunität) 221
Zu A. II. 1 u. 2 (Osmose, Durchlässigkeit etc.) 222
Zu A. II. 3 (Lichtstimmung und Verwandtes) 222
Zu A. III. (Morphologische Anpassungen an Äußeres) 223
Zu A. IV. (Restitutionen) 224
Zu B. III. 3 (Vermittelung zwischen Reiz und Reaktion) 228

Nachträge.

Während des Druckes erschienen folgende für unsere Probleme wichtige Abhandlungen:

a) Zum Kapitel »Stimmungserscheinungen« (A. II. 3):

Pearl, R. Studies on the Effect of Electricity on organisms II. The Reactions of Hydra to the Constant Current. Amer. Journ. Physiol. V. pag. 301. 1901.

Bemerkenswerth erscheint hier, dass eine eigentliche polare Orientirung fehlt, und damit das Zustandekommen einer »Stimmung« ausgeschlossen ist. Hydra reagirt auf den Strom, falls sich nicht ihre Längsachse in der Stromrichtung befindet, stets, mag sie mit den Tentakeln oder mit dem Fuß angeheftet sein, durch Kontraktion der der Anode zugewandten Körperseite, ganz gleichgültig, ob dadurch Kopf oder Fuß der Anode zugeführt wird. Es wäre sehr wichtig, weitere Versuche dieser Art an festsitzenden Thieren oder Pflanzen, und zwar vor Allem mit Rücksicht auf Helio- und Geotropismus, auszuführen.

(Vgl. auch Cole, L. J. Biol. Bull. II. pag. 195. 1901.)

b) Zum Kapitel »Regeneration«, im Besonderen zur Frage nach ihrer »Beendigung«. (A. IV. 2. c. γ. pag. 52 f.)

Godelmann, R. Beiträge zur Kenntnis von Bacillus Rossii. Arch. Entw.-Mech. 12. pag. 265. 1901.

Für unsere Zwecke ist besonders wichtig die Angabe (pag. 273), dass bei diesem Insekt der distalste Abschnitt der Beine, die Klaue, zuerst regenerirt wird.

Einleitung.

Die Regulationen der Organismen, so weit sie sich nicht in den koordinirten Bewegungen äußern und durch Exstirpationsversuche an den nervösen Centralorganen festgestellt worden sind, sollen in dieser Studie analysirt werden, und es soll versucht werden, für jede Art organischen Regulationsgeschehens einen kurzen ihre wesentlichen Kennzeichen darstellenden Ausdruck zu finden.

Man könnte da nun die Forderung stellen, vor allem Beginn der Untersuchung den Begriff Regulation zu definiren. Doch soll solches zunächst unterbleiben und soll vielmehr mit einer rein empirischen Aufzählung verschiedener gemeinhin als Regulation bezeichneter organischer Geschehnisse begonnen werden. Denn wenn wir erst nach solcher empirischen Aufzählung verschiedener Regulationsarten eine Definition des Regulationsbegriffes versuchen, wird dem Leser ein Urtheil über ihre Richtigkeit leichter, wird ihm ihre Bedeutung einleuchtender sein.

Nur so viel sei hier über den fraglichen, allgemein angewendeten Ausdruck vorweggenommen, dass er ursprünglich aus der Technik stammt: das Sicherheitsventil einer Dampfmaschine nennt man zum Beispiel eine Regulationseinrichtung, desgleichen gewisse technische Kombinationen, durch welche ein gewisser beabsichtigter dauernder Effekt ständig auf gleicher Quantität erhalten wird, indem jede aus irgend welchen Gründen erfolgende Änderung der letzteren die Quantität der dauernden Ursache umgekehrt verändert — (es mag hier an den Thermostaten erinnert sein), — oder durch welche, sobald ein gewünschter einmaliger Effekt vollständig erreicht ist, die Ursache, welche ihn hervorbrachte, aufgehoben wird. Mechanisch gesprochen gehören solche technische Regulationseinrichtungen immer zu dem, was man »Bedingungen des Systems« nennt.

Beginnen wir nunmehr damit, gewisse typische Geschehnisse an Organismen aufzuzählen, welche praktisch von den Biologen als Ausdruck eines »Regulationsvermögens« der Lebewesen, oft auch mit,

wie uns dünkt, unnötigem Zusatze, eines Selbst-Regulationsvermögens derselben bezeichnet worden sind.

Man wird nichts dagegen einzuwenden haben, wenn wir, obschon alle theoretischen Erörterungen in den zweiten Theil dieser Arbeit verweisend, doch eine gewisse Ordnung in unserer Aufzählung walten lassen, eine Ordnung, wie sie sich aus der elementaren Biologie ohne Weiteres ergiebt.

A. Deskriptiver Theil.

[Alle Litteraturangaben zum Haupttheil A finden sich am Ende des Buches, geordnet nach Abschnitten, welche Abschnitten des Textes entsprechen; die Numerirung beginnt in jedem Abschnitt von Neuem. Die Arbeiten von Autoren, hinter deren Namen sich im Text keine eingeklammerte Zahl befindet, sind nicht citirt, finden sich jedoch in irgend einem der genannten zusammenfassenden Werke.]

Kapitel I.

Stoffwechselregulationen.

1. Elektion.

Die Pilze sind, obschon sie nicht aus Kohlensäure und Wasser organische Substanz zu bilden vermögen, doch bekanntlich nicht, wie die Thiere, auf die Kombination von Eiweiß, Fett und Kohlehydrat in ihrer Ernährung angewiesen, sondern können, bei Anwesenheit gewisser Salze, mit einer organischen Verbindung ihre synthetischen Bedürfnisse decken. Eine ausgesprochen regulative Eigenschaft des Stoffwechsels der genannten Organismen zeigt sich nun darin, dass dieser nothwendige organische Stoff nicht in eine bestimmte Klasse von Körpern gehört oder gar ein bestimmter chemischer Stoff ist, sondern dass die Pilze ihre Bedürfnisse durch Verwendung von Verbindungen der verschiedensten Art (Glycerin, Dextrose, Essigsäure, Milchsäure etc.) zu befriedigen vermögen. Ein besonders merkwürdiges Kennzeichen der »Elektion« genannter organischer Nährstoffe seitens der Pilze entdeckte Pfeffer [4, Pfeffer pag. 376]. Dieser fand nämlich, dass bei gleichzeitiger Darreichung mehrerer organischer Stoffe fast stets derjenige zuerst assimilirt wird, welcher den größten

»Nährwerth« besitzt, d. h. aus welchem bei Gleichheit der dargebotenen Mengen am meisten organische Substanz gebildet, das größte »Erntegewicht« erzielt werden kann. Erst nach Verbrauch dieses optimalen Stoffes gehen die Pilze zur Verarbeitung des nächstbesten über und so fort: ein organischer Nährstoff »schützt« hier gleichsam den anderen vor dem Verbrauchtwerden. Ganz streng gilt die ausgesprochene Regel nicht: oft wird neben dem bestnährenden auch der mindernährende, wennschon meist in geringerem Maße, verbraucht, in seltenen Fällen ist überhaupt von einem Schutz des einen Stoffes durch den anderen keine Rede. Wie diese Sachlagen im Tieferen aufzufassen sind, müssen weitere Untersuchungen lehren: uns genügt es zu wissen, dass Elektion von Nährstoffen in der geschilderten Weise überhaupt statt hat [1]). Selbstredend muss hier wohl erwogen werden, dass für die einen Organismentheile dieser, für die anderen jener Stoff der »besser ernährende« sein mag, und dass schon desshalb die ganzen hier obwaltenden Verhältnisse zur Zeit nichts weniger als vollständig zu durchschauen sind.

Anschließend mag die Vertretbarkeit gewisser Elemente oder Schwefeloxydationsstufen durch andere hier erwähnt sein, welche Herbst [2] beim Studium der für die Entwickelung der Seeigeleier nothwendigen Stoffe beobachtete; sehr weitgehend ist diese Vertretbarkeit nicht [2]); immerhin ist sie in gewissem Sinne als Regulation zu bezeichnen und zwar gehört sie wie jene oben geschilderten Thatsachen zu den Regulationen hinsichtlich der »Assimilation« von Nahrungsstoffen.

2. Hunger und Sauerstoffmangel.

Im Hungerzustand zeigt der Organismus einige der seltsamsten Regulationen ähnlicher, aber doch anderer Art: die als Reservestoffe bezeichneten Produkte seiner früheren assimilatorischen Thätigkeit leisten ihm für die mangelnde Nahrung Ersatz. Es ist damit schon implicite gesagt, dass eben diese Reserven vor Eintritt des Hungerzustandes nicht angegriffen, also gleichsam, um einen bei

1) Hier einiges Einzelne: Bei Aspergillus niger und Penicillium glaucum »schützt« Dextrose oder Pepton das Glycerin oder die Milchsäure, aber nicht die Essigsäure [4, pag. 214] vor dem Verarbeitetwerden, was wegen der geringen Oxydirbarkeit der letzteren nicht in den allgemein oxydirenden Wirkungen des Pilzes seinen Grund haben kann [4, pag. 219].

2) K durch Rb oder Cs. SO_4 durch S_2O_3, Cl durch Br; Ca nicht vertretbar.

Erörterung der Elektionsvorgänge verwendeten bildlichen Ausdruck zu gebrauchen, durch die vorhandene Nahrung »geschützt« wurden. Mit Einsetzen des Hungerzustandes wird Alles anders. Man ersieht hieraus, dass die auftretenden Regulationsvorgänge jedenfalls nicht durch die bloße Anwesenheit der bei ihnen verwendeten Stoffe, sondern durch etwas Anderes bedingt sind.

Es ist nun zunächst die Art der Verwendung der Reservestoffe zu beachten: sie geht nicht planlos vor sich, sondern ist der Ausdruck einer den ganzen Organismus betreffenden Regulation: der ganze Stoffwechsel wird verlangsamt, der Reserveverbrauch betrifft bei Thieren vor Allem das Fettgewebe, geringere Gewichtsabnahme zeigen Muskeln und Eingeweide, fast keine das Gehirn und das Blut [3, pag. 223]; bei Pflanzen entreißen jüngere Organe älteren ihre Stärke; es scheint, als würde stets das zum Leben Wichtigste möglichst geschont.

Im Übrigen würde uns, da, wie später zu erörtern sein wird, über das Wesentliche der assimilatorischen und dissimilatorischen Thätigkeit eigentlich gar nichts gewusst wird, ein Eingehen in höchst unsichere Einzelheiten hier nur Beispiele für das allgemein Ausgesprochene, aber keine Vertiefung gewähren.

Erwähnt mag immerhin sein, dass bei Pilzen und Crassulaceen bei Nahrungsmangel das Verschwinden der vorher entstandenen Säuren beobachtet ward [Pfeffer, pag. 486 f.].

Es fragt sich nun, auf was sich eigentlich das Regulatorische in den zur Erörterung stehenden Fällen bezieht, und da ist klar, dass hier, wenigstens unmittelbar, nicht »assimilatorisch« zu nennende Vorgänge vorliegen. Freilich mögen in weiterem Verlauf, zumal bei Pflanzen, die angegriffenen Reserven auch zu echtem Aufbau Verwendung finden, aber selbst dann hätte dem, schon um sie transportabel zu machen, eine Destruktion voranzugehen, und solches wird stets der Fall sein, wenn Reserven zu energetischen Specialzwecken herangezogen werden. Das Regulatorische erstreckt sich hier also in erster Linie auf Destruktion, sehr oft wohl in Verbindung mit einer Oxydation der Resultate, also mit sogenannter Verbrennung oder »Verathmung«.

»Athmung« ist vom Stoffwechsel unzertrennlich, ja sie macht wohl erst letzteren zu einem für die Lebenserhaltung nothwendigen Vorgang[1]), so ist sie es denn auch vorwiegend, welche, wie gesagt, das

1) Vgl. hierüber Kapitel B. VI.

beim Hungerzustand eigentlich in seinem regulatorisehen Verhalten Studirte ist.

Bringen wir daher in diesem Absehnitt, der noeh nieht tiefer in die Lebensgeschehnisse einzudringen versuehen soll, nunmehr einige Beispiele für Regulationen, welehe sieh einstellen, nicht wenn sogenannte »Nahrung«, sondern wenn Sauerstoff fehlt, also für Athmungsregulationen im engeren Sinne.

Man nennt den Proeess, der bei O-Mangel zunächst eintritt, bekanntlich intramolekulare Athmung: er besteht in der Zersetzung gewisser sonst unzersetzt bleibender, übrigens so gut wie unbekannter Stoffe. Mit Reeht hat man aus der Thatsaehe, dass bei Sauerstoffmangel das Leben nicht einfach sistirt wird, um später weiterzugehen, sondern dass es sieh hilft, so gut es kann, bis es durch »Tod« aufhört, auf den aktiven Charakter der Athmung gesehlossen: sie ist (aus unbekannten und erst später vermuthungsweise zu erörternden Gründen) vom Organismus aus nothwendig, sie geht nicht etwa vom vorhandenen Sauerstoff aus, was übrigens, ganz abgesehen von allem Anderen, durch ihre Unabhängigkeit von der Sauerstoffpression, von gewisser Intensität derselben an aufwärts, gelehrt wird [Pfeffer, pag. 547].

Wollen wir das regulatorisehe Verhalten im Hungerzustand und bei Sauerstoffmangel unter einen Gesichtspunkt bringen, so können wir sagen, dass normaler Weise dureh die Anwesenheit des Sauerstoffs gewisse Verbindungen im Organismus »geschützt« werden: fehlt der O, so findet der Organismus, um sich zu erhalten, Mittel, jene Verbindungen zu zertrümmern, ebenso wie er bei Nahrungsmangel Mittel fand, vorhandene Produkte seiner früheren aufbauenden Thätigkeit, die eigentlich wohl zum weiteren Aufbau bestimmt waren, dem Sauerstoff preiszugeben. Man sieht, wie nahe die Regulationen der Organismen bei Mangel an Nahrung und bei Mangel an Sauerstoff sieh berühren, beide sind Regulationen hinsiehtlieh der »Dissimilation« und stehen als solche den oben erörterten Elektionsvorgängen, welche Regulationen hinsiehtlich des Aufbaues sind, gegenüber[1]).

---

1) Man wird dem freilich entgegnen können, dass einerseits auch beim echten Aufbau Stoffdestruktionen (etwa von Eiweißkörpern) betheiligt seien und dass andererseits, wie wir selbst zugaben, die Mobilisirung der Reserven im Hunger, obwohl anfangs destruktiv, doch schließlich Aufbauzwecken dienen könne. Absichtlich soll in diesem Abschnitt Alles in dubio gelassen werden.

Tiefer eingedrungen in die Stoffwechselprobleme wird erst in Kap. B. VI. Hier nur noch dieses: wir stellen uns die Sachlage nicht so vor, dass bei Hunger Reservestoffe an Stelle von Nahrungsstoffen »verbrannt« würden, denn

Was im Besonderen bei Thieren und höheren Pflanzen bei O-Mangel »verathmet« wird, ist direkt ebensowenig in irgend einem Falle festgestellt, wie es feststeht, in welcher Weise im Einzelnen der regulatorische Reservestoffverbrauch im Hungerzustand statt hat: was beobachtet wird, ist eben der Fortgang der CO_2-Ausscheidung nach Sauerstoffentzug; dass bei höheren Pflanzen Zuckerarten vorwiegend zersetzt werden sollen, ist nur nach Analogie mit Gärungsvorkommnissen bei Bakterien erschlossen.

Bakterien und Gärungsorganismen sind es überhaupt, welche in dem ganzen Kapitel des regulatorischen Stoffwechsels noch am meisten Thatsächliches zu ermitteln gestatteten, da die statthabenden Vorgänge hier an den Veränderungen des Mediums im Specielleren festzustellen sind: so mag denn beispielsweise erwähnt sein, dass Citromyces bei Zuckermangel die Citronensäure, Bacterium aceti bei Alkoholmangel die Essigsäure weiter zu H_2O und CO_2 zerlegt [Pfeffer, pag. 532].

Das sind auch im »Hungerzustande« geschehende Regulationen. Warum hier freilich Regulationen nöthig sind, das könnten wir nur begreifen, wenn wir wüssten, warum Athmung und Assimilation als für das Leben dauernd nothwendige Phänomene überhaupt existiren. Solche Betrachtungen gehen uns in diesem Abschnitt aber noch nichts an; sie allein könnten auch entscheiden, ob es sich hier um »Assimilation«, »Dissimilation« oder »Athmung« handelt und was diese Worte überhaupt bedeuten. —

Wir zählen noch einige einfachere, quantitative Regulationsthatsachen der Stoffwechselphysiologie auf: Anhäufung von Assimilationsprodukten sistirt im Allgemeinen die zu ihrer Bildung führenden Processe, während mit ihrer Fortführung vom Ansammlungsort auch ihre Bildung ihren Fortgang nimmt, ein Faktum, welches wohl zum Theil der Ausdruck der Gesetze chemischer Massenwirkung ist. Zum

---

Nahrungsstoffe als solche werden wahrscheinlich nie verbrannt, sondern stets nur vom Organismus erzeugte Umwandlungsprodukte derselben; wir denken vielmehr, dass im Hunger die Reserven für gewisse sonst aus der Nahrung direkt erzeugte Produkte eintreten und zwar, obwohl zunächst durch Destruktion und Oxydation, doch zu energetischen oder zu Aufbauzwecken.

Dieser scheinbare Widerspruch kann erst durch unsere Begriffe der wahren und der Pseudo-Athmung (s. B. VI) gelöst werden. Auf Grund dieser Begriffe erscheinen übrigens die Regulationen bei O- und bei Nahrungsmangel einander wieder unähnlicher; nur erstere beziehen sich auf »wahre« Athmung. Doch würde ein näheres Verfolgen solcher Gedanken dieses deskriptive Kapitel vorzeitig komplicíren.

Theil liegt hier aber auch die Folge einer Reizwirkung vor: die Anhäufung der Produkte sistirt in solchen Fällen die Bildung der umwandelnden Enzyme oder die Thätigkeit der Chloroblasten bei Pflanzen, so zum Beispiel wenn die Bildung der Diastase bei Penicillium durch Anwesenheit von Zucker in der Kulturmischung regulatorisch gehemmt wird [PFEFFER, pag. 362, 518 etc.].

Auch Reservestoffe haben aus genannten Gründen ein Maximum ihrer Quantität und werden nach Erreichung dieses erst wieder gebildet, wenn sie andernorts zum Aufbau benöthigt und daher von ihrer Lagerungsstätte weggeschafft worden sind.

Von der Bildung und Fortschaffung der Produkte der Gärung gilt ganz Entsprechendes; auch liegt eine aktive Leistung des Organismus vor, wenn die Oxalsäurebildung in quantitativer Regulation zur Anwesenheit von Ca und anderen Basen erfolgt [PFEFFER, pag. 427].

Die Verwendung der Reserven aber zum Aufbau irgend welcher Art richtet sich durchaus nach den jeweiligen örtlichen und qualitativen Bedürfnissen des Organismus, hängt also ebensowenig wie im Hungerzustand (s. o.) von ihrer Anwesenheit an und für sich ab.

Dass im Hungerzustande der Stoffwechsel eine allgemeine regulatorische quantitative Herabsetzung erfährt, wurde schon gesagt, dass bei starker Herabsetzung der Sauerstoffpression (vgl. übrigens pag. 5) der Verbrauch des O regulatorisch verringert wird, mag hier ergänzend bemerkt sein.

Eine allgemeine Steigerung des Stoffwechsels liegt nun in dem als Fieber bezeichneten Zustand der Thiere vor, wobei wir die Frage, in wie weit das Fieber eine zweckmäßige Reaktion des Organismus darstelle, offen lassen wollen: man hat behauptet, dass die weit größere Intensität der Verbrennung eben auch eine erhöhte Schutzfähigkeit gegen Schädigungen (Bakterien) bedeute oder wenigstens darauf abziele (UNVERRICHT [5], FRÖHLICH [1] u. A.). Andere [3, pag. 258] sehen dagegen im Fieber eine Störung der Wärmeausgaberegulation. Versuche, welche den Nutzen des Fiebers beweisen könnten, sind einwandsfrei meines Wissens nicht angestellt[1]).

1) Näher auf vielleicht regulatorische Momente im sogenannten »Kranksein« einzugehen, erlaubt zur Zeit der Stand des sicher Ermittelten nicht, auch könnte solches Vorhaben mit Aussicht auf einigen Erfolg nur von einem biologisch geschulten Mediciner unternommen werden, zumal so weit specificirte »Krankheits«phänomene in Betracht kommen. Viele Ansätze in dieser Hinsicht enthält das schon genannte Werk von FRÖHLICH [1]. —Als eigentlich analysirbare

Auch bei Pflanzen ist eine Temperaturerhöhung nach Verwundungen, durch lebhaftere Athmung bedingt, beobachtet.

3. Giftimmunität.

Immunität kann bestehen gegen Infektionserreger, vorwiegend Bakterien, und gegen Gifte, also auch gegen die giftigen Ausscheidungsprodukte jener (Toxine). Beide Arten der Immunität sind mit aller Schärfe aus einander zu halten.

Sind, wie später zu erwähnen sein wird, am Zustandekommen der Immunität gegen Organismen die Bewegungs- und Aufnahmefähigkeiten der Zellen, wie sie sich in der Entzündung [Leber], allgemeiner in der Phagocytose [Metschnikoff] äußern, ganz vorwiegend betheiligt, welchen Vorgängen immerhin Ausscheidungen »bakterieider« Stoffe assistiren mögen, gehört also das Immunwerden gegen Mikroorganismen nur theilweise, und selbst da sehr wenig durchschaut, in unsere hier gepflogenen Stoffwechselbetrachtungen, so liegen die Verhältnisse bezüglich der Giftimmunität einfacher und sind auch wohl etwas mehr geklärt. Sie allein sollen daher Gegenstand eingehender Diskussion sein.

Als giftimmun bezeichnet man einen Organismus, welcher sich bakteriellen oder nichtbakteriellen Giften gegenüber unempfindlich verhält, die bei der großen Mehrzahl der Individuen gleicher Art Störungen des Lebens hervorrufen. Man scheidet angeborene und erworbene Immunität: als eigentliches regulatorisches Problem interessirt uns hier nur die letztere.

Es ist zumal für einen »Nichtmediciner«, dem die betreffende Litteratur bisher fremd war, sehr schwer, sich ein Urtheil darüber zu bilden, was auf diesem Gebiet eigentlich wirklich gewusst und was auf ihm geglaubt wird: sind doch die meisten auf Immunität gerichteten Untersuchungen zu praktischen Zwecken angestellt worden, vielfach mit zwar wohlgemeinter, aber doch vorgefasster Absicht und vielleicht nicht immer an einem so reichen Material, wie es für rein wissenschaftliche biologische Untersuchungen wünschenswerth erscheinen muss. Dazu kommt die ungeheure Schwierigkeit des Gegenstandes: was wirklich beobachtet wird, ist meist ein letztes Resultat einer langen Causalkette, welche durchaus nur erschlossen werden kann;

Komplexe treten uns zur Zeit im Gebiet der »Pathologie« nur die Phänomene der Entzündung und Immunität entgegen.

gar zu leicht wird dabei ein nur erschlossenes Glied derselben später als Thatsache und als Ausgang weiterer Spekulationen behandelt und so fort. —

Was ist eine »Giftwirkung«? Diese scheinbar einfache Frage kann wohl nur in folgender, nichts weniger als befriedigenden Weise beantwortet werden: »Giftwirkungen« sind dadurch gekennzeichnet, dass sie den unbekannten chemischen Charakter gewisser Bestandtheile der sogenannten »lebenden Substanz« (von der man nicht einmal weiß, ob sie diesen Namen verdient) in unbekannter Weise verändern. Ich weiß wohl, dass manche Vergiftungserscheinungen, z. B. die CO-, die Sublimatvergiftung, deutlicher präcisirbare Züge tragen, aber bezüglich aller organischen Vergiftungen gilt das Gesagte leider in hohem Maße.

Eine Theorie[1]) über den Schutz des Organismus gegen Gifte, also eine Theorie der Immunität, hat nun folgende sichergestellte Thatsachen zu berücksichtigen:

a) Durch periodisch wiederholte Injektion organischer Gifte kann man den Organismus dazu bringen, Giftmengen ungeschädigt aufzunehmen, denen er früher erlegen wäre (Behring, Ehrlich — »Aktive Immunität«).
b) Das Blut- oder Gewebsserum eines aktiv-immunen Organismus macht, wenn es einem anderen Individium injicirt wird, dasselbe auch immun (»passive Immunität«), wennschon nicht für sehr lange Zeit (Behring).
c) Wird ein Gift mit dem Blut eines immunen Thieres gleichzeitig injicirt, so ist das Gift unwirksam.
d) Die passive Immunität ist durch die Milch beim Säugen auf die Jungen übertragbar (Versuche an Mäusen — Ehrlich).
e) Die Immunität ist meist specifisch, d. h. nur gegen die Wirksamkeit eines bestimmten Stoffes gerichtet.

Aus a bis e scheint zu folgen, dass Giftimmunität in einer bestimmten, vorher nicht vorhandenen Eigenschaft des Serums der immunen Objekte besteht, kraft deren die Gifte (Toxine) chemisch verändert und daher unwirksam gemacht wurden: es scheint, kurz gesagt, als wären die Toxine Veranlassung dazu gewesen, dass der

---

1) Das Folgende ist gewonnen aus Lektüre der zusammenfassenden Werke von Dieudonné [2] und Metschnikoff [3], aus verschiedenen Abhandlungen Buchner's [1], sowie aus einem Referate der Année biologique I. pag. 342 ff.

Organismus andere, jedes Mal specifische, Stoffe aktiv producirt habe: die Antitoxine, welche eben die Toxine durch chemische Veränderung entkräften.

So einfach liegt nun zwar die Sachlage nicht, gleichwohl will ich nicht unterlassen zu bemerken, dass ich den Grundgedanken der »Antitoxintheorie«, die aktive Produktion specifischer »Antistoffe« seitens des Organismus für erwiesen halte, ungeachtet aller im Folgenden mitzutheilenden Ausnahmen und Bedenken. Sie lehren nur, dass die Antitoxintheorie noch nicht vollständig ist. Aber was sie aussagt, bleibt darum richtig.

Nach Roux u. A. ist die Specifität der Immunität nicht immer vorhanden (Tetanus—Schlangengift): das kann in dem (unbekannten) chemisch ähnlichen Charakter der Toxine seinen Grund haben. Auch kann in gewissen Fällen vielleicht die allgemeine, fremde Eiweißkörper zerstörende Fähigkeit des Blutes, die auch Blutkörper fremder Species vernichtet, die Toxine vernichten [Buchner], etwa wenn sie besonders stark ausgeprägt ist: aber Alles das widerlegt nicht die thatsächlich für gewisse Fälle konstatirte Specifität.

Größere Zusätze zur Antitoxintheorie zwingen folgende Geschehnisse zu machen:

Es kommt erworbene und namentlich angeborene Giftimmunität ohne Antitoxinbildung (d. h. ohne die Fähigkeit des Blutes Toxine durch Beimengung unwirksam zu machen, s. o.: c) vor[1]); auch umgekehrt Antitoxinbildung ohne Immunität, ja, während der Immunisirungsperiode kann eine »Überempfindlichkeit« gegen Toxine vorhanden und gleichwohl das Blut an Antitoxinen reich sein.

Diese Thatsachen zeigen, dass die einfache Antitoxintheorie in gewissen Fällen unvollständig ist: die »lebende Substanz«, in Bezug auf welche ja die Worte Toxine und Antitoxine überhaupt nur einen Sinn haben, drängt sich in die Betrachtung; so entsteht der Zusatzbegriff einer »histogenen Immunität« (Behring), die, des Näheren gänzlich unbekannt, von Jedem gedacht werden kann, wie er mag, und die neben der Antitoxinbildung einhergeht.

Es drängt sich auf Grund des Begriffs der histogenen Immunität die Frage auf, wie denn die Antitoxine überhaupt wirken. Wie gesagt, dachte man sich Anfangs diese Wirkung als einfache chemische

---

1) In solchen Fällen wird ein Thier durch Einführung von Toxinen nicht geschädigt; gleichwohl ist nun sein Blut für andere giftig, woraus folgt, dass es, obwohl es ungeschädigt blieb, nicht die Toxine entkräftete.

Zersetzung der Toxine. Dagegen ist Manches ins Feld geführt, als Wichtigstes wohl dieses: dass durch Erhitzung eines Gemisches aus Toxin und Antitoxin letzteres unwirksam, also ersteres wieder wirksam werden kann (BUCHNER). Aus diesem Faktum und anderen [1]) hat man auf ein Nebeneinanderbestehen der Toxine und Antitoxine und auf das entscheidende Eingreifen der lebenden Substanz geschlossen, ohne freilich, wie METSCHNIKOFF mit Recht bemerkte, in Erwägung zu ziehen, dass die Erhitzung eine vorher bestandene Toxin-Antitoxin-Verbindung vielleicht wieder zersetzt hat.

Ob der Gedanke, dass der Organismus aus den Antitoxinen erst wirklich »aktive«, die Toxine entkräftende Stoffe mache, das Problem der histogenen Immunität der Lösung näher führen könne, wollen wir hier auf sich beruhen lassen.

Ist somit die Frage nach der erworbenen Giftimmunität von völligem Gelöstsein weit entfernt, so bleibt doch als einer ihrer Grundsteine die Thatsache bestehen: es giebt in vielen Fällen specifische Antitoxinbildung, und das ist es, was uns hier angeht:

Ein specifischer Stoffwechselvorgang tritt hier auf eine specifische, abnorme Ursache hin mit dem Effekt des Schutzes des Individuums, also regulativ, auf: das Antitoxin ist erst von einem bestimmten Moment an, als Reaktion auf das Toxin, da [2]).

---

1) Z. B. auch daraus, dass Thiere, die durch andere Krankheiten geschwächt sind, durch ein für normale Individuen immunisirendes Toxin-Antitoxingemisch geschädigt werden.

2) Wir haben von den mit dem Immunitätsproblem zusammenhängenden Stoffwechselregulationen nur die Antitoxinbildung, also die Giftimmunität im engeren Sinne, eingehend besprochen, da nur sie einigermaßen durchschaut ist.

Wie es aber nicht nur Krankheiten giebt, welche durch von einem lokalen Bakterienherd aus sich verbreitende Gifte hervorgerufen werden, sondern auch solche, bei denen die Bakterien überall oder wenigstens auf sehr weite Strecken hin im Körper verbreitet sind und unmittelbar durch ihre Anwesenheit pathogen wirken, ohne dass ausgeschiedene Giftstoffe nachweisbar sind, so giebt es neben der Giftimmunität auch eine Bakterienimmunität, die, wie jene, angeboren oder erworben sein kann.

Bei ihr spielen einmal später zu erörternde Zellwanderungsphänomene ihre Rolle, daneben aber auch höchstwahrscheinlich gewisse Stoffwechselphänomene, welche aber noch weniger bekannt sind als die Antitoxinbildung und aus deren Diskussion außerdem etwas principiell Neues nicht erfahren würde; denn wenn die Bakterien hier auch nicht mittels sich weit verbreitender Gifte wirken, so ist doch klar, dass es auch hier gewisse specifische Stoffe, die wohl als ihrer Oberfläche anhaftend gedacht werden müssen, sind, welche pathogen

Es bleibt sehr zu bedauern, dass alle Immunisirungsversuche bisher mit den chemisch gar nicht oder sehr dürftig bekannten thierischen oder pflanzlichen Giften angestellt worden sind, und dass, wo solches nicht der Fall ist, nicht mehr als die bloße Thatsache des »Angepasstseins« an einen bestimmten Giftgehalt des Mediums (Sublimat bei Protisten — DAVENPORT [5]) oder der Nahrung (Arsen, Alkohol) vorliegt[1]). Exakt und weitgehend durchgeführte Versuche mit Stoffen, deren Chemismus man durchschaut, bleiben ein wichtiges Desiderat für die Zukunft[2]). —

Was nun die aus dem bisher Geleisteten und oben Erörterten zu ziehenden Folgerungen, bezüglich der Antitoxinbildung, allgemein

---

wirken, und dass somit auch Bakterienimmunität, so weit sie durch Stoffwechselregulation erzielt wird, im Unschädlichmachen von Stoffen besteht.

Das Thatsächliche anlangend, sind hier zu unterscheiden eine allgemeine und eine specifische Bakterienfestigkeit. Erstere setzt man auf Rechnung gewisser, wohl von den Leukocyten gelieferter Stoffe, der »Alexine«, welche aber wohl nur die überhaupt in den Säften vorhandenen proteolytischen Enzyme sind, die u. A. auch fremde Blutkörper auflösen (BUCHNER); ihre Bildung bezeichnet weniger eine »Immunität« als eine allgemeine Widerstandskraft.

Daneben soll es aber auch specifische »bakterieide« Stoffe, die von EHRLICH »bakteriolytische« genannt wurden, geben.

Sie wirken, zum Unterschied von den Antitoxinen, nie gegen die wahren Toxine, sondern gegen die Bakterien dirckt, wobei sich freilich, wie gesagt, unseres Erachtens ihre Wirkung auch auf specifische (anhaftende?) »Stoffe« der Bakterien erstrecken muss. Praktisch können sie, da sie durch Tödtung der Bakterien deren giftigen Körpersäfte, eben die »Toxine«, freimachen, sogar die Lage des inficirten Organismus verschlimmern, falls nicht zugleich Antitoxinbildung eintritt. Sie entstehen in den blutbildenden Organen. Von ihrer näheren Wirkungsart weiß man nur, dass sie sehr komplicirt ist.

1) Vielleicht gehört hierher auch der Befund LOEB's [6], dass Embryonen von Fundulus in einer Mischung mit zugesetztem KCl sehr rasch sterben, während sie, als Eier hineingebracht, 5—6 Tage leben, sich entwickeln und sogar schwache Herzpulsationen zeigen.

2) Hier, wo wir von der Nothwendigkeit des Studiums einfacher Fälle der »Angewöhnung« an Gifte reden, mag auch der Ort sein, eine wichtige Untersuchungsserie DAVENPORT's [4] zu erwähnen, nämlich jene, die über die Acclimatisation an hohe Temperaturen handelt: die Temperaturerhöhung wirkt hier gleichsam als »Gift«, d. h. als substanzzerstörend, und es ist von Wichtigkeit, dass sich, wie es scheint, der Organismus »stofflich«, nämlich durch Verminderung seines Wassergehaltes dagegen schützt. Wasserarme Eiweißkörper widerstehen nämlich bei Erwärmung der Zersetzung länger als wasserreiche. Vielleicht zeigen uns diese Untersuchungen den Weg, der »histogenen Immunität« einst näher zu kommen.

angeht, so scheint mir, dass die üblichen Aussagen über dieselbe einer gewissen und zwar quantitativen Ergänzung benöthigen:

Warum muss die Immunisirung langsam fortschreitend, mit allmählich stärkeren Dosen vollzogen werden? Warum überhaupt kann der Organismus anfangs nur einer geringen Toxinmenge widerstehen und was heißt es, dass er solches später einer größeren gegenüber könne: Ich denke, wir müssen diesen Thatsachen eine anfängliche quantitative Beschränktheit der Fähigkeit, Antitoxin zu bilden, entnehmen, müssen aber gleichzeitig aus ihnen schließen, dass nach einmal eingeleiteter Antitoxinbildung diese auch ohne neue Anregung von außen stetig eine Zeit lang fortschreitet. Eben dieses: »Mehr als dem bisher Gereichten widerstehen können« heißt Immunsein.

Ist also die Antitoxinbildung einmal überhaupt in Gang, so findet sie unseres Erachtens im Sinne einer Überproduktion statt: darin besteht recht eigentlich die Immunität. Es ist wie bei der Krystallisation aus einer überkalteten Lösung, die auch nur einmal angeregt zu werden braucht, um die ganze Lösung fortschreitend zu ergreifen.

Bei der zwar nicht unbegrenzt aber immerhin oft recht lange andauernden passiven Immunität, die durch Übertragung von nur wenig Serum eines immunen Thieres erzielt wurde, können wir meines Erachtens auch nicht um die Annahme herum, dass die Einführung von einer kleinen Menge Antitoxin die aktive Bildung einer größeren auslöse: die kleine eingeführte Menge an und für sich dürfte bei ihrer Vertheilung durch den ganzen Organismus hin schwerlich zur Immunisirung genügen, war sie doch nur ein äußerst kleiner Bruchtheil der Antitoxinmenge, welche dem Organismus, dem sie entstammt, Immunität verlieh.

Ich bemerke hier, dass ich den Gedanken der Auslösung der Antitoxinbildung durch eingeführte kleine Quanten und der Überproduktion derselben nach einmal eingeleiteter Bildung in der Litteratur nicht fand, also berechtigt zu sein glaube, ihn als meine Erfindung zu bezeichnen. Doch ist es bei meiner Unkenntnis der Speciallitteratur auf unserem Gebiete nicht unmöglich, dass ich mich irre, und dass einem Anderen die Priorität der Erfindung dieser, wie mir scheint, nothwendigen Zusätze zur Antitoxintheorie gebührt. —

Neben der Bildung von Antitoxinen und der Schaffung »histogener Immunität« dürften einfachere regulative Vorgänge bei sogenannten Erkrankungen auch vorliegen in einem etwa statthabenden Transport

der Antitoxine an Orte, wo sie besonders benöthigt sind, und in einer etwa stattfindenden bloßen Verdünnung und daher Schwächung der Toxine durch Ansammlung von Serum, zwei regulative Vorgänge, die METSCHNIKOFF in der sogenannten serösen, ohne Leukocytenaustritt verlaufenden, Entzündung sehen will.

Doch treten diese Geschehnisse, abgesehen davon, dass sie als Transportregulationen eigentlich in Strenge nicht in dieses Kapitel gehören, an lebenstheoretischer Wichtigkeit weit zurück gegen den Process der aktiven Antitoxinbildung, die wohl der theoretisch wichtigste regulatorische Stoffwechselvorgang ist, den es giebt. Man vergegenwärtige sich zumal das Faktum der Specifität der Antitoxine; man frage sich, in wie weit die Antitoxinbildung beschränkt ist, in wie weit nicht. Um glaubhaft zu machen, dass wir eine ziemlich weitgehende Unbeschränktheit derselben erwarten dürfen, sei hier auf das Problem des Geruchs hingewiesen: wie viele specifische Substanzen können wir unterscheidbar riechen! Und doch ist es immer dieselbe Nasenschleimhaut[1]), von welcher die Umsetzungen, die das Wesentliche der jedes Mal specifischen Geruchswirkungen bedingen, ausgehen. Hier haben wir die Fähigkeit nahezu unbeschränkten specifischen Umsatzes auf specifische Ursachen hin; warum sollten wir diese Fähigkeit bei den reaktiven, sich chemisch äußernden Schutzeinrichtungen des Organismus nicht erwarten?

Kapitel II.

Energetische Regulationen.

Fast alle Energieleistungen des Organismus resultiren in letzter Instanz aus chemischer Energie, insofern sind auch fast alle energetischen Regulationen in ihm in letzter Linie durch Regulationen des chemischen Umsatzes, also durch Stoffwechselregulationen bedingt, und es gehörte somit ihre Erörterung eigentlich ins vorige Kapitel. Insofern es aber bei den nun zu besprechenden Erscheinungen ganz vorwiegend auf den regulatorischen nicht chemischen Effekt abgesehen ist, mögen dieselben als gesonderte Phänome erörtert werden.

---

1) Freilich setzt unsere Ausführung die Ungültigkeit des sogenannten Gesetzes der specifischen Sinnesenergien voraus; aber hinsichtlich des Geruchs hat selbst ein so energischer Verfechter dieses angeblichen Gesetzes wie BUNGE Bedenken gegen dasselbe. (Physiol. d. Mensch. I. pag. 37.)

Dass alle auf koordinirte Bewegungen der höheren Thiere bezügliche Regulationen, die sonst in dieses Kapitel gehören würden, von der Betrachtung ausgeschlossen sein sollen, ward schon in der Einleitung betont. Es sollen aber auch noch andere Vorgänge außerhalb des Rahmens der Analyse bleiben: kurz gesagt, Alles, was sich an die Exstirpationsversuche an Hirn und Rückenmark anschließt, auch wenn es sich nicht auf koordinirte Bewegungen, sondern auf Leistungen der glatten Eingeweidemuskulatur bezieht. Und zwar desshalb soll solches geschehen, weil es z. B. bei den von Goltz und Ewald [Pflüger's Archiv 63] mitgetheilten Befunden am rückenmarklosen Hund vollständig unsicher ist, worin die hier etwa auftretenden Regulationen an Blase, Uterus, Darm etc. eigentlich bestehen, ja ob überhaupt hier Regulationen, die im positiven Falle in einem Vikariiren von Nerven und Centraltheilen bestehen würden, vorliegen. Es könnte sich ja auch um ein bloßes Wiederingangsetzen durch die Operation zeitweise sistirter normaler Processe handeln. — Nur im Anschluss an das experimentelle Studium der Großhirnfunktionen überhaupt kann das Problem der vikariirenden Funktion nervöser Theile, die, wie gesagt, das Regulatorische hier ausmachen würde, mit Erfolg studirt werden; so mag es denn hier genügen, erwähnt zu haben, dass ein regulatorisches Vikariiren von Nerven vielleicht auch noch abgesehen von der Betheiligung an Koordinationsbewegungen vorkomme.

1. Einfache Fälle.

Es liegen vielfach einfache quantitative Verhältnisse vor, so z. B. wenn der CO_2-Gehalt des Blutes den Blutdruck oder die Intensität der Athembewegungen regulirt, wenn die umgebende Temperatur durch regulatorische Einwirkung auf die Hautcirkulation die Wärmeausgabe beeinflusst, um von noch einfacheren ohne Weiteres maschinenmäßig aufzufassenden Vorkommnissen (Temperaturherabsetzung durch Schweiß u. dgl.) hier abzusehen. Auch wenn bei Pflanzen die Transpiration durch die Feuchtigkeit der Luft regulirt wird, liegen (vom Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen freilich abgesehen) einfach physikalisch durchschaubare Regulationsgeschehnisse vor, und von den Stoffbewegungen in der Pflanze gilt, auf Basis der Erfahrungen über osmotische Gleichgewichtsstörungen und deren Ausgleich, vorwiegend Analoges: freilich wird hier die Stoffbewegung durch einen, ein Bedürfnis

verkörpernden, aktiven Umsatz seitens der Pflanze an bestimmtem Ort eingeleitet, welcher, wenn es sich z. B. um verfrühten Austrieb bereits angelegter Knospen nach vorausgegangenen Verletzungen handelt, einen vital-regulatorischen Charakter tragen kann, aber eben durch ihn ist eine Störung des osmotischen Gleichgewichts gesetzt, und nun geschieht der regulatorische Stoffnachschub, wie er eben physikalisch geschehen muss.

2. Osmotischer Druck, Durchlässigkeit.

In deutlicher direkter Abhängigkeit von ursprünglich chemischem Geschehen stehen gewisse Arten der Regulation osmotischen Druckes. Sie liegen z. B. vor, wenn zum Schutze gegen Plasmolyse in allzu konzentrirten Lösungen Pilze ihren Turgor durch vermehrte Produktion von osmotisch wirkenden Substanzen (Säuren) erhöhen [Pfeffer, pag. 121 f.], oder wenn in wachsenden Organen (Wurzeln) der Turgor den Widerständen entsprechend regulirt wird [Pfeffer, pag. 518 u. sonst]; auch gehört wohl die Hyperämie, wennschon nicht im Einzelnen in ihrem Zwecke durchschaubar, hierher.

In der regulatorischen Veränderbarkeit der Durchlässigkeit von Häuten besitzt der Organismus ein anderes Mittel, um (osmotische) Energievertheilung zu lenken, wie es seinen Bedürfnissen entspricht. In vielen Fällen kommt es bei derartigen Veränderungen der osmotischen Passirungsfähigkeiten freilich wohl mehr auf die Vertheilung von gewissen Stoffen als von Energiepotentialen an, aber auch dann ist das Mittel zum Zweck vorwiegend eine regulatorische Energielenkung und somit die Besprechung auch solcher Fälle an dieser Stelle gerechtfertigt:

Schutz gegen Plasmolyse kann nicht nur, wie geschildert, dadurch erreicht werden, dass die Zelle durch Produktion von Säuren den Druck ihres Inneren erhöht, sondern auch dadurch, dass sie durch Änderung der Durchlässigkeit ihrer Oberflächenschicht sich mit dem umgebenden Medium ins Gleichgewicht setzt; bei Bakterien kommt wohl solches vor [Pfeffer pag. 76, 601 u. sonst], im Übrigen dürfte bei erreichter Anpassung an konzentrirtere oder weniger konzentrirte Lösungen ziemlich schwer festzustellen sein, mit welchen Mitteln im Einzelnen der Organismus diese Anpassung erreichte[1].

---

1) Hierher gehört auch die allmähliche Gewöhnung der Capitella an Süßwasser, welche von Eisig [1] studirt worden ist. Dieselbe kann sehr weit

Es ist klar, dass bei den erörterten Regulationsarten der Plasmahautdurchlässigkeit das eigentlich aktive Regulationsgeschehen in einer Veränderung eben jener Haut besteht: ist sie geschehen, so ist alles folgende bis zur Erreichung des Gleichgewichts Geschehende ohne Weiteres physikalisch verständlich.

Den Austritt von Blutserum aus den Gefäßen beim Entzündungsprocess werden wir auch in die hier erörterten Regulationskategorien zählen können; des Weiteren dürfte hier der Ort sein, wenigstens andeutungsweise auf gewisse Ergebnisse der thierischen Ernährungsphysiologie hinzuweisen: Die Darmresorption verläuft durchaus nicht den an anorganischen Membranen beobachteten Gesetzen des osmotischen Druckes entsprechend[1]); dass von der Ausscheidung der im Blut gebildeten Harnsäure durch die Harnkanälchen Gleiches gilt, ward oft betont, und entsprechend liegen die Verhältnisse bei der Eiweißelektion seitens der Niere[2]), ja bei ihrem Elektionsvermögen überhaupt, sowie bei allen Sekretionsvorgängen, welche den vorliegenden Druckverhältnissen physikalisch durchaus nicht entsprechend verlaufen [s. besonders Bunge, wo weitere Litteratur].

Offenbart sich in diesen vom Nervensystem großentheils unabhängigen[3]) Vorgängen zunächst nur eine allgemeine aktive Thätigkeit des Organismus, ohne dass damit über den Regulationscharakter desselben Näheres ausgesagt würde, so würden dagegen Regulationen typischer Art vorliegen, wenn wirklich nach Nierenexstirpation eine vikariirende Wasserausscheidung durch Magen- und Darmschleimhaut und eine Verwandlung des Harnstoffs in Ammonium-Karbonat stattfinden würde, ein problematisches Faktum, das wohl näherer Untersuchung bedarf [2, pag. 163].

---

getrieben werden; die Thiere sterben erst in einer Mischung, welche aus 400 Theilen Seewasser und 1000 Theilen Süßwasser besteht. Es gelang Eisig der Nachweis, dass die rothen Blutscheiben das vorwiegend betheiligte Element sind. Sind sie etwa im Stande ihre Durchlässigkeit für Salze zu reguliren, falls solche Regulation nicht gar zu plötzlich erforderlich ist?

Die Frage erscheint eines erneuten Studiums werth; dessgleichen dürfte ein exaktes Studium der Gewöhnungsfähigkeit von Fischen an Salz- und an Süßwasser wichtige Resultate ergeben.

1) Z. B. wird aus einer Zucker und Glaubersalz enthaltenden Lösung ersterer, im Gegensatz zu dem physikalisch zu erwartenden Verhalten, schneller resorbirt als letzteres [2, pag. 205].

2) Hühnereiweiß tritt durch, normales nicht.

3) Die Niere ist dem Nerveneinfluss wahrscheinlich entzogen; viele der Darmversuche wurden an ausgeschnittenen, überlebenden Organen angestellt.

Über die regulatorischen Züge des Stoffwechsels der Organismen im weitesten Sinne, einschließlich des Stofftransportes und der Stoffausscheidung, dürfte mit dem Gesagten hinreichendes Material vorliegen.

3. »Lichtstimmung« und Verwandtes.

Wir gehen dazu über, die einfachsten Bewegungserscheinungen der Lebewesen auf ihren regulatorischen Charakter hin zu prüfen, und zwar sollen hier, der Anlage des Ganzen entsprechend, nur die auf sogenannte »Richtungsreize« erfolgenden, nicht die coordinirten Bewegungen besprochen sein[1]; selbst wo es sich im Folgenden um höhere, mit Hirn versehene thierische Organismen handelt, ist an den beobachteten Richtungsbewegungen und deren Regulirung das Nervensystem, wenn überhaupt, nicht wesentlich betheiligt: nach Loeb [8a] zeigt z. B. Planaria unveränderte Lichtreaktionen auch ohne Hirn und Augen.

Die Entdeckung des regulatorischen Charakters der Richtungsbewegungen rührt von Strasburger [17] her; er nannte die von ihm beobachtete Sachlage Photometrie; sie besteht darin, dass Algenschwärmsporen, welche unter den üblichen Versuchsbedingungen positiv phototaktisch sind, von einer gewissen Lichtintensität an negativ phototaktisch werden, dieselben sind also auf eine bestimmte Lichtintensität »gestimmt«, und zwar liegt der Intensitätsgrad, bei dem der Umschlag der Positivität in Negativität erfolgt, um so höher, an je helleren Orten sich zur Zeit des Versuches die Versuchsobjekte aufhielten[2].

---

1) Man vergleiche zum Folgenden die zusammenfassende Darstellung der Sachlage bei Herbst.

2) Entsprechendes gilt nach Pfeffer für die Chemotaxis von Spirillum. Auf Chemotaxis soll erst am Schluss und nur in Kürze eingegangen werden, da die Sachlage durch die neuen Forschungen von Jennings [5] allzusehr erschüttert worden ist. Nach ihm gäbe es überhaupt keine Chemotaxis als elementares Geschehen, sondern nur als komplexe Resultante; doch ward wahre Galvanotaxis in seinem eigenen Laboratorium (von Pearl [14] und sonst) festgestellt. — Es ist zu beachten, dass Jennings bisher nur mit Infusorien und Flagellaten arbeitete. Für sie mögen seine sehr sorgfältig ausgeführten Untersuchungen in der That mit Recht zur Annahme des festen »Motorreflexes« geführt haben. Ob aber für andere Formen? Ob ferner nicht, trotz der Auflösung der Chemotaxis, Phototaxis selbst für die Jennings'schen Objekte in ihrer alten Form bestehen bleibt?

Den entgegengesetzten Umschlag der Reaktion wie durch Erhöhung der Intensität des Lichtes erzielte Strasburger durch Erhöhung der Temperatur: negative Objekte werden durch sie positiv phototaktisch.

Loeb [7] fand an Balanuslarven, dass, übereinstimmend mit Gesagtem, hohe Lichtintensität positive Individuen zu negativen macht, er fand aber [8], im Gegensatz zu Strasburger, dass, bei Polygordiuslarven, Temperatursteigerung positive Individuen negativ machte, was dessgleichen durch Erniedrigung der Koncentration des Meerwassers, also durch Erhöhung des Wassergehaltes der Gewebe, erzielt ward.

Der Versuch Loeb's [9], seine Ergebnisse derart zusammenzufassen, dass allemal Erhöhung der Intensität der Spaltungsvorgänge, hervorgerufen durch Zunahme der Lichtintensität oder der Temperatur oder des Gewebswassergehaltes, an der Umwandlung positiver Objekte in negative Schuld sei, ist desshalb zur Zeit nicht als spruchreif anzusehen, da er selbst an Copepoden konstatirte, dass Sauerstoffentziehung, die eine Erhöhung der Intensität der Spaltungen im Gefolge hat, gerade den umgekehrten Effekt hatte, ein Faktum, das der schon von Strasburger beobachteten Erhöhung des Lichtstimmungspunktes durch O-Mangel entspricht. —

Die Thatsachen, dass nach Strasburger junge Schwärmer auf höhere Lichtintensitäten gestimmt sind als ältere, dass meine Sertularellastolonen vor Erzeugung von Seitencysten positiv, nach derselben negativ heliotropisch waren [2], eine Aussage, die in entsprechender Weise auch für manche botanischen Fälle gilt, mögen hier nur erwähnt sein, denn für diese Fälle durchschauen wir das Getriebe der Umstände noch weniger als in den einfacheren erstgeschilderten, und Gleiches gilt leider auch für die von Noll [12] als heterogene Induktionen[1]) bezeichneten Fälle, z. B. dann, wenn das Licht den Transversalgeotropismus von Rhizomen zu positivem Geotropismus macht [Stahl].

1) Pfeffer [15] hat sich gegen Noll's Begriff und auch gegen seine Übernahme und Vertheidigung seitens Herbst erklärt. Ich kann ihm darin nicht beistimmen: zu den allgemeinen Bedingungen, die für das Zustandekommen von Reizeffekten überhaupt erfüllt sein müssen, gehört in dem Stahl'schen Falle das Licht sicherlich nicht, sondern es spielt hier die Rolle eines Faktors, welcher bewirkt, dass ein ohne ihn auch stattfindender Effekt eines bestimmten Agens (der Gravitation) in seiner specifischen Art, gleichsam in seinem Vorzeichen, verändert wird. Dazu, dass überhaupt Geotropismus statthabe, sind auch ohne das Licht alle Bedingungen erfüllt. Somit erscheint mir die Stellung von Noll und Herbst durchaus begründet.

Betrachten wir die einfachere Kategorie der von uns geschilderten Vorgänge, also den Fall des phototaktischen Reaktionsumschlages bei bestimmter Lichtintensität[1]), etwas allgemeiner, so kann wohl, namentlich auf Grund neuerer Untersuchungen von Oltmanns [13], als ausgemacht gelten, dass eine »Photometrie« allgemein bei phototaktischen und phototropischen Bewegungen vorkommt, wennschon sie bisweilen durch die sehr hohe Lage des Umschlagpunktes verdeckt erscheint.

Es scheint mir nun, dass »Photometrie« im Principiellen stets ihre Auflösung in zwei Komponenten gestattet: nämlich in ein Gerichtetwerden der Organismen durch die Strahlenrichtung, im Sinne von Sachs, und in die Thatsache des Abgestimmtseins, d. h. die Thatsache, dass ein gewisser Intensitätsgrad des Lichtes nicht nur eine Richtungsreaktion auslöst, sondern zugleich den Sinn der Richtung umkehrt. Eben darin liegt das Regulatorische dieser ganzen Vorgänge, liegt wohl auch ihr teleologischer Charakter, denn, wenn wir das Erörterte wieder durchdenken, sehen wir, dass die Reaktionsumkehr stets mehr oder minder deutlich das Fliehen vor einer möglichen Schädigung (so wäre auch Loeb's Versuch zu einer allgemeinen Theorie aufzufassen) oder die Ermöglichung richtigen Funktionirens (wohl in dem Stahl'schen Falle[2]) zum Resultat hat.

Loeb [8] hat in der Planaria ein von ihm als »unterschiedsempfindliches« bezeichnetes Objekt gefunden: diese Form soll nicht auf die Strahlenrichtung, sondern nur auf Helligkeitsunterschiede reagiren, derart, dass geringere Lichtintensität die Thiere ruhig macht, so dass sie sich schließlich sämmtlich an den dunkelsten Orten des Versuchsgefäßes ausruhen. Hier wäre also Photometrie die komplexe Resultante ganz anderer als richtender Vorgänge[3]), und Manche scheinen dazu zu neigen, sie überhaupt so aufzufassen.

Ich bemerke, dass selbst bei Zugabe voller Einwandfreiheit der Versuche und der Deutung Loeb's, mir in anderen Fällen, z. B.

1) Hierher auch die in der Flächen- und Profilstellung sich äußernde mit der Lichtintensität wechselnde Lichtreizbarkeit der Chlorophyllkörner (Stahl).

In gewissem Sinne würde es auch hierher gehören, dass Sprosse von Jungermannia und Keimschläuche von Lebermoosen bei sehr schwachem Licht positiv heliotropisch werden. (Aus den sehr kurzen Angaben bei Goebel ist nicht ersichtlich, ob sie bei stärkerem Licht überhaupt heliotropisch sind oder nicht [3]).

2) Wenn sonst negativ geotropische Sprosse bei niederer Temperatur kriechend werden, so sieht in diesem, dem Stahl'schen wohl analogen Fall einer heterogenen Induktion, Vöchting einen Schutz gegen Erfrieren [18].

3) Vgl. hierzu das auf pag. 18 Anm. 2 über Jennings Gesagte.

für Phycomyces [Oltmanns], die Auflösung der Photometrie in jene oben genannten beiden Faktoren unbedingt nothwendig erscheint.

Was bedeutete nun eigentlich bei solcher Auflösung der eine derselben: die Lichtstimmung?

Sie würde bedeuten, dass bei stetiger quantitativer Zunahme der Ursache (des Reizes) der Effekt[1]) nicht stetig quantitativ zunimmt, sondern an einem Punkte plötzlich qualitativ, seinem Sinn nach, springt.

Mit dem Worte, die »reizbare Struktur« werde durch eine ganz bestimmte Lichtintensität verändert, scheint mir da nicht viel gewonnen; um so weniger, wenn, wie wir sehen, der Stimmungspunkt durch eine gewisse »Gewöhnung« nach oben verschiebbar ist.

Wenn wir an gewisse neuere Ermittelungen über die geotropische Reizung glauben wollen, dass nämlich [Czapek 1] schon vor Eintritt der sichtbaren Reaktion der gereizte Ort chemische Änderungen zeige, dass [nach Haberlandt 4 und Němec 11] die Reizung otocystenartig durch das Anprallen aufsteigender kleinster Körperchen an die eigentlich reizempfindliche Plasmahaut vermittelt werde, so werden die photometrischen Thatsachen nicht etwa durchsichtiger, sondern nur räthselhafter.

Der Organismus erscheint hier in deutlicher Weise aktiv; wie er denn wohl überhaupt bei allen Richtungsbewegungen sich in letzter Instanz »gereizt«, also aktiv, und nicht, wie Rhumbler [16] neuerdings will, als rein physikalischer Körper verhalten wird[2]). —

Das eigentlich Regulative bei den Richtungsbewegungen der Organismen ist mit dem Gesagten erledigt; es hat seine Gültigkeit mutatis mutandis auch bei derjenigen Art der gerichteten Bewegung, die wir bisher nicht näher besprachen, da die Lage der Dinge zur Zeit bei ihr gar zu wenig geklärt ist, bei der Chemotaxis.

Wenn wir die älteren Arbeiten [Pfeffer u. A.] zu Grunde legen, so giebt es auch hier einen Umschlag der Reaktion, eine Stimmung,

1) Dieser »Effekt« im strengen Sinne ist die Orientirung des Organismus, nicht (bei Taxis) seine Vorwärtsbewegung; als »quantitative Effektzunahme« hat also die Zunahme der Präcision dieser Orientirung zu gelten.

2) Wir »verstehen« also zur Zeit weder die Richtungsbewegungen im Allgemeinen noch die Stimmungserscheinungen im Besonderen. — Wenn Loeb wiederholt auf die ungleiche Spannung der Muskeln an sich orientirenden Thieren hinweist, so scheint mir darin weniger eine direkte Folge des Reizes als vielmehr eine solche des »schon-gereizt-seins« vorzuliegen; dann aber wäre jene Spannung etwas selbstverständliches.

sowie eine Erhöhung der Stimmung durch langsame Erhöhung der Koncentration des Mediums, eine »Gewöhnung«. Dieses z. B. bei Myxomycetenplasmodien. —

Gleichsam als Ergänzung zu einem früheren »pathologischen« Kapitel sei hier eines Falles gedacht, in dem Chemotaxis im Dienst ganz besonderer Regulationsvorgänge des Organismus steht: ich meine die besonders von Leber [6] und Metschnikoff [10] in diesem Sinne studirten Entzündungsvorgänge, die von letzterem Forscher sogenannte Phagocytose.

Im Principiellen lehrt sie uns keine Regulationen kennen, die uns nicht das Studium der Lichtstimmung schon gelehrt hätte, daher auch nur wenige Worte über ihre besondere Bedeutung hier folgen sollen: wie die Antitoxinbildung als Schutz gegen Gifte dient, so dient sie, zumal nach Ansicht dessen, der den Namen schuf, als Schutz gegen die Krankheitserreger und wird besonders wichtig, wenn Krankheit nicht durch Vertheilung von Giften von einem lokalen Bakterienherd aus, sondern durch unmittelbare Effekte überall vertheilter Bakterien hervorgerufen war: chemotaktisch angelockt, sollen die Leukocyten oder sollen auch fixe Zellen der Peritoncalepithelien Bakterien aufnehmen und vernichten. Der Streit, in welchem Grade das der Fall sei, in welchem Grade andere regulatorische Reaktionen des Organismus, wie die ebenfalls von den Leukocyten ausgehend gedachte Produktion proteolytischer Enzyme, »der Alexine« [Buchner], oder die Bildung specifischer »bakteriolytischer Substanzen« (s. o. pag. 11 u. 12 Anm.) sekundirend eingreifen möchten, ist nichts weniger als entschieden. Er geht uns hier nicht viel an: dass chemotaktische Bewegungen der Leukocyten in Fällen von Infektionen oder Fremdkörperinvasion stattfinden, scheint sicher zu sein und wird auch von Jennings beachtet werden müssen. Nach Metschnikoff, der eine wesentliche Wirkung der Alexine und bakteriolytischen Stoffe, denen sonst hinsichtlich der infektiösen Keime eine ähnliche Rolle zukommen würde, wie den Antitoxinen hinsichtlich der Toxine, nicht zugeben will, soll nun Immunität gegen Krankheitskeime, nach Impfung mit abgeschwächten Kulturen, in einer allgemeinen Steigerung der Reizbarkeit und in einem Gewöhnen der Leukocyten, in einer Erhöhung ihrer Reizstimmung, nach Art des für Myxomyceten festgestellten Verhaltens, bestehen.

In dieser exklusiven Form erscheint uns die Theorie Metschnikoff's unhaltbar. Sie scheint uns einen Theil der Wahrheit darzustellen, aber neben ihr dünkt uns wahrscheinlich, dass Immunität

gegen Krankheitserreger wenigstens zum Theil auf ähnlichen Processen beruhe, wie die Giftimmunität.

Wir können aber den Streit hier im Einzelnen auf sich beruhen lassen, da wir, wie gesagt, Neues nicht aus ihm lernen, und es bei unseren späteren abstrakten Ausführungen unser Bestreben sein wird, sie nur auf ganz sicher gestellte Thatsachen aufzubauen. Die Chemotaxis der Leukocyten aber an und für sich wird auch von den Gegnern der Immunitästheorie METSCHNIKOFF's zugegeben; nach ihnen werden eben die Leukocyten transportirt, um Alexine am richtigen Ort anzuhäufen; somit gilt jene Chemotaxis auch ohne Eintreten in die Streitfälle für uns als festgestellt.

Alles sonst noch über die Richtungsbewegungen Ermittelte, z. B. die Thatsache der bisweilen vorhandenen Trennung von Perceptions- und Aktionszone und Anderes, gehören weniger in ein Studium der bei Richtungsbewegungen obwaltenden Regulationen, als in ein solches der Mittel und Einrichtungen jener Bewegungen an und für sich.

Kapitel III.

Morphologische Anpassungen an Äufseres.

Wir treten nunmehr in die Schilderung derjenigen Regulationen, welche sich gestaltlich äußern, ein: das Heer der Thatsachen ist hier ein weit größeres, ausgedehnteres, denn die Möglichkeit der Erforschung ist hier, wo es sich ohne Weiteres um sichtbare Dinge handelt, größer; freilich kann hier selten die Forschung ganz auf den Grund dringen, und wo sie es kann, da konstatirt sie, was übrigens a priori klar, dass Gestaltungsänderung Stoffänderung, also Stoffwechsel im weitesten Sinne, zur Grundlage hat. So ergiebt sich denn schon hier unsere Trennung der Regulationsarten als ziemlich äußerlicher Art. Doch lassen wir an diesem Orte solche Betrachtungen.

1. Über nicht regulatorische formative Effekte.

Als formativ hat man [VIRCHOW, BILLROTH, HERBST] alle solche Reize bezeichnet, welche Gestaltungsvorgänge auslösen, wir wollen hier im Besonderen äußere Reize in Betracht ziehen und werfen die Frage auf, inwiefern auf äußere formative Reize hin erfolgende Reaktionen einen regulatorischen Charakter tragen können.

Dass nicht alle formativen Reizeffekte regulativ sind, macht eine

kurze Betrachtung klar: wenn der Reiz einen potentiell eindeutig gegebenen Effekt blos hervorruft, wäre es Sophisterei, von »Regulation« zu reden, so z. B. wenn Berührung bei Ampelopsis hederaeea am specifiseh vorgebildeten Ort Haftscheibenbildung auslöst [H. pag. 738].

Aueh sehr viele der dureh fremde Organismen hervorgerufenen Gestaltungen sind formativer, aber nieht regulativer Art: wenn Peronospora die Staubblattanlagen von Knautia zu Blumenblättern macht, wenn sonst unverzweigte Pilzfruehtträger sieh durch Einwirkung von Parasiten verzweigen, wenn die Blüten von Arabisarten dureh Wirkung von Läusen (Aphiden) vergrünen, so liegen für die unbefangene Betraehtung zunächst jedenfalls keine als regulativ zu bezeiehnenden Erseheinungen vor, was wohl gleiehermaßen von thierisehen Gesehwülsten gilt[1]). Freilieh könnte in gewissem Sinne von einem »Nutzen« der gesehilderten Erseheinungen vielleicht geredet werden, und mit Bestimmtheit kann das sogar hinsiehtlieh der Hexenbesen, der Gallen und verwandter Gebilde gesehehen; aber ein seltsamer Nutzen ist das: ein Nutzen nieht für den sieh ausgestaltenden Organismus, sondern für den die Ausgestaltung hervorrufenden Parasiten. Hier liegen, um mit Herbst zu reden, die Verhältnisse ebenso, »wie wenn wir mittels eines eingeimpften Stoffes einen Baum dazu veranlassen könnten, nieht nur für uns zu einer sieheren Wohnung auszuwaehsen, sondern in ihrem Inneren zugleieh für die nöthige Nahrung zu sorgen?« [H. pag. 849.]

Uns sollen jedoeh hier, naeh der willkürliehen Begrenzung unseres Themas, die Gallen und alles Ähnliehe in ihrer seltsamen Teleologie nieht interessiren: wir sehen hier an allen solehen Bildungen nur rein reaktive, nieht regulative Reizeffekte. Sie entstehen in ihrer Speeifität, indem der formative Reiz, ein ehemiseher Stoff, selbst mit zu derselben beiträgt: in ihm ist unmittelbar die Grundlage für das Typisehe der Ausgestaltung gegeben.

---

1) Über einen eventuellen Nutzen aller dieser Gebilde für ihren Träger zu reden, scheint mir sehr müßig zu sein; mit Redensarten wie die, dass der Organismus die Feinde, da er sie nicht vernichten könne, doch isoliren wolle und sie sogar mit Nahrung versorge, damit sie sich nur nicht ausbreiten, gewinnt man zur Zeit gar nichts. Daher fasst man alle die Phänomene am besten als rein formativ auf. Das bedenkliche Wort »pathologisch« aber vermeiden wir hier, wie wir es im Vorstehenden vermieden haben.

Man sollte endlich allgemein zu der Ansicht kommen, dass der kranke Organismus doch auch »lebt«, und dass die Erscheinungen, die er zeigt, abgesehen von wahren Absterbeerscheinungen, Reaktionen auf Äußeres sind, so gut wie alle, die schulmäßig »physiologisch« genannt werden.

Fassen wir hier aber die Gallen und Verwandtes in dieser Art als rein formative Geschehnisse auf, so gehören sie für uns in dieselbe Gruppe von Erinnerungen, wie manches Andere, das zwar das Prädikat formativ, aber nicht regulativ verdient: wenn bei Pilzen, nach KLEBS [12], bestimmte Stoffe die Zygotenbildung veranlassen, wenn je nach Differenz des Nährbodens auch Myeelien und Sporangienträger gestaltlich verschieden sind, wenn K für die Conidien, nicht aber für die Myeelbildung nothwendig ist, so schließen wir daraus nur, dass bei Eintreten der einfacheren Gestaltung eben ein »Mittel« fehlte, das für die höhere komplieirtere Gestaltung nicht entbehrt werden kann.

Ich warne also mit allem Nachdruck davor, rein Formatives und Regulatives zu vermengen. Eine ganz reinliche Trennung wird erst auf Grund unserer späteren Definitionsversuche möglich sein.

In rein formativen Geschehnissen kann sich sogar gerade das Gegentheil einer Regulation, nämlich eine gewisse Beschränkung, ein Abhängigsein des Organismus von Mitteln zeigen: so in allen schon geschilderten Fällen, so auch, wenn HERBST's Krebse [9] nach Entfernung des optischen Ganglions nicht das Auge wiederbilden, sondern an seiner Stelle eine Antenne regeneriren, wenn Jungermannia und Cacteen bei ungenügender Lichtzufuhr nicht normale abgeflachte, sondern radiäre Sprosse [G. pag. 201], wenn, wohl durch Vermittelung der Assimilationsstörung, Caulerpa und Bryopsis[1]) bei Lichtmangel keine blattartigen Gebilde, sondern nur cylindrische Rhizoiden bilden [KLEMM 13, WINKLER 23], so beim Etiolement, so wenn, nach GOEBEL [G. p. 121 ff.], bei Lichtmangel Jugendformen wieder auftreten, oder nach VÖCHTING abnorme, in gewissen Theilen nicht fertige Blüthen entstehen [20] etc. Aus dem ersten Falle lässt sich nur folgern (abgesehen natürlich von dem entschieden regulativen Charakter das Wiederbildende überhaupt, wovon später), dass das Ganglion optieum der Crustaceen an der Specifität des Auges formativ betheiligt, und zwar nothwendig betheiligt sei, und in den anderen Fällen geschehen nicht etwa die Formationen bei starkem Licht in »Anpassung« an dieses, die bei schwachem in »Anpassung« an letzteres, sondern die naheliegende Auffassung ist wohl die, dass Energiezufuhr in Form strahlender Energie zum Zustandekommen der höher

1) Zwar sind bei Bryopsis die Rhizoiden auch typisch funktionirende Organe, indem sie zum Anheften dienen. Aber ihre Teleologie steht zum Licht in keiner unmittelbaren Beziehung, sie entstehen auch mitten im Wasser bei geringer Lichtintensität.

organisirten Gestaltungen eben als Mittel nöthig sei: so werden die geschilderten und viele andere Vorkommnisse, wie z. B. die hemmende Wirkung, welche (etwa durch zerstörenden Einfluss auf gewisse »organbildende« Stoffe?) das Licht auf die Wurzelbildung beim Epheu [Sachs] oder auf die Knollenbildung der Kartoffel [Vöchting] ausübt [H. pag. 730], zu Objekten der reinen Gestaltungsphysiologie, nicht der Regulatorik.

Rein formativ aufzufassende Effekte gehören also nicht zu unserem Thema; übrigens würde ihre eingehende Erörterung auch sonst durch die erschöpfende, kritische Darstellung von Herbst überflüssig gemacht worden sein.

Eben diese Darstellung Herbst's gestattete uns nun auch möglichst große Kürze, wenn wir zur Darstellung solcher Reizwirkungen schreiten, welche formativ und regulativ zu gleicher Zeit sind, welche morphologische Anpassungen an Modifikationen des Äußeren darstellen.

Unsere Hauptaufgabe wird sein, festzustellen, wann wirklich dieser Doppelcharakter von Reizeffekten vorliegt.

2. Photo- und Barymorphosen.

Dürfen wohl die folgenden »Photo- und Barymorphosen« den regulatorischen Geschehnissen beigerechnet werden? Das Licht bestimmt bei den Sporen von Equisetum [Stahl, s. H. pag. 731], bei der Eizelle von Cystosira [Winkler 22], die Richtung der ersten Theilung und fixirt auch das Schicksal der beiden ersten Zellen: die Wurzelbildung geht von der der Lichtquelle abgewendeten Zelle aus. Die Schwerkraft bewirkt nach Vöchting an umgekehrten Weidensprösslingen eine theilweise Aufhebung der Polarität, die sich in einer Tendenz, nach »oben« zu Sprosse, nach »unten« zu Wurzeln anzulegen, geltend macht, bei Antennularia wird in gleichem Falle nach Loeb [15] die »Polarität« sogar völlig überwunden.

Was geht in solchen Fällen, von denen man eine nahezu vollständige Zusammenstellung bei Herbst findet, eigentlich vor sich?

Schon Herbst hat in seiner Klassifikation der formativen Reizeffekte, Schwerkraft und Licht in den geschilderten Fällen als »localisirende Reize« bezeichnet [H. pag. 818]. Sie sind hier thatsächlich nur ortsbestimmend, nichts weiter; würden sie anders wirken, so würde dasselbe geschehen, nur an anderem Orte; wirkten sie gar nicht, so geschähe doch etwas. Nun ist in teleologischer Beziehung

zwar klar, dass der Effekt der Ortsbestimmung jedes Mal der ist, dass dem entstehenden Organ (Spross, Wurzel) die Ausübung seiner Funktion thunlichst erleichtert werde (was allerdings auch mittels tropischer Wendungen zu erreichen wäre), aber in so unbestimmtem Sinne teleologisch ist schließlich alles biologische Geschehen; dieses allein darf uns wohl nicht berechtigen, die genannten Photo- und Barymorphosen ohne Rückhalt als regulativ anzusprechen, wie wir solches ja auch bei weiter oben schon genannten Photomorphosen unterließen.

Es hängt aber hier Vieles vom persönlichen Geschmack ab, und so können wir denn schließlich nichts Besseres thun, als es dem Leser überlassen, ob er rein lokalisirende Reizeffekte zu den Regulationsgeschehnissen rechnen will oder nicht.

Doch gehen wir zu positiven Aussagen über:

3. Wahre Anpassungen an Äufseres.

a. Photische, mechanische, transpiratorische Anpassungen.

Wenn wir hinsichtlich mancher »Photomorphosen« über ihren regulativen Werth im Unklaren bleiben mussten, so können wir uns doch bestimmter äußern über die Beziehungen des Lichtes zur Blattstruktur, wie sie vorwiegend von Dufour und Stahl untersucht und ebenfalls von Herbst kritisch erörtert worden sind [H. pag. 728]: viele der sogenannten Anpassungen scheinen hier freilich ganz allgemein in der in hellem Lichte gesteigerten Assimilationsenergie ihren Grund zu haben, im Sinne einer allgemeinen Kräftigung, aber in der Anordnung des Mesophylls scheint in der That immer das für Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Lichtintensität Günstigste von der Pflanze angestrebt zu sein. —

Wenn um Trichinen oder andere Parasiten oder um transplantirte Periostst ücke bindegewebige oder kalkige Cysten entstehen, wenn bei Pflanzen der Grundstock um in ihn eindringende Wurzeln des Pfropfreises Korkscheiden bildet [Vöchting 19], so liegen unseres Erachtens wahre formative Regulationen vor: der Reiz lokalisirt hier zwar auch, aber er »lokalisirt« nicht nur, er ruft etwas hervor, was ohne ihn nicht entstanden sein würde, was in unmittelbarer Beziehung zu ihm, menschlich gesprochen, »gegen« ihn geschieht.

Viele Schutzeinrichtungen gegen zu starke Transspiration gehören ferner hierher: so die Bildung dickerer Cuticula oder von Wachsschichten oder von Haaren in trockener Luft, die Verstärkung der

inneren Zellwände, die Reduktion des Intercellularraums unter gleichen Umständen und viele andere derartige quantitativ-histologische Regulationen, wie sie vorwiegend von KOHL studirt[1]) und von HERBST eingehend kritisch dargestellt sind: »die Transspirationsbedingungen bringen ihr eigenes Korrektiv hervor« (KOHL) [H., pag. 756 f.].

Bei HERBST findet man auch eingehend die Thatsache erörtert, dass starke Transspiration sogar zur Bildung von der Pflanze sonst fremden Geweben (Sklerenchymring) im Bündelsystem führen kann; diese Verhältnisse leiten schon über zu den bei Wasserpflanzen gemachten Befunden, welche ebenfalls von HERBST [H., pag. 761], sowie von GOEBEL [G., pag. 224] so eingehend erörtert worden sind, dass wir uns hier kurz fassen können:

Es ist klar, dass als regulativer Reizeffekt, kurz als »Effekt« überhaupt, stets nur das positive Vorhandensein eines Organs, nicht sein Fehlen gelten darf; in diesem Sinne sind natürlich meist die Landmodifikationen der Wasserpflanzen, welche in Anpassung an die komplicirteren Verhältnisse sich bildeten, die eigentlich regulativen Formen.

Im Übrigen ist eine wirklich strenge Analyse der hier obwaltenden Verhältnisse nicht so sehr einfach, ganz abgesehen davon, dass auf dem Lande nicht nur die Transspirationsbedingungen, sondern auch mechanische Verhältnisse und Belichtung durchaus anders geworden sind. Hinsichtlich des äußeren Baues, im Besondern der Blattformen, stellen viele Wasserformen der amphibischen Pflanzen Hemmungen oder Jugendstadien der entsprechenden Landmodifikationen dar, die oft auch durch andere (ungünstige) Bedingungen hervorgerufen werden können. Hier dürfte man vielleicht sagen, dass rein formative Effekte in letzteren vorliegen möchten, indem die eintretenden neuen Bedingungen erst die »Mittel« geschaffen hätten, um die vorgesehene Organisation zur vollen Ausbildung gelangen zu lassen, wie wir Entsprechendes oben für gewisse chemische »Organisationsmittel« erkannten. Dann läge weder bei Ausbildung der Landform, noch natürlich der (negativen) Wasserform ein echt regulatives Geschehen vor.

Anders, wenn die äußere Gestaltung der Landform an und für

---

1) Die Verpflanzungsexperimente von BONNIER u. A. (künstlich erzeugte Alpen- und Mittelmeerpflanzen) bieten im Wesentlichen dasselbe, nur weniger analysirt. Die Versuche, welche BRENNER [3] kürzlich an Fettpflanzen ausführte (Züchtung dieser Xerophyten in feuchter Luft), lehren Entsprechendes wie die KOHL'schen, nur in umgekehrter Richtung: es handelt sich hier darum, die Transspiration zu erleichtern.

sich eine wirkliche Anpassung in Hinsicht der neuen Existenzbedingungen zeigt, und noch anders natürlich, wenn Landform und Wasserform beide nach verschiedenen Richtungen, von einem gemeinsamen Jugendstadium ausgehend in typischer Anpassungsweise, wohl meist in Rücksicht auf mechanische Verhältnisse (s. u.), doch natürlich auch in Hinsicht der Belichtung und Transspiration, entwickelt sind: dann könnte von echtem Regulationsgeschehen geredet werden, wobei wir freilich mit allem Nachdruck betonen müssen, dass unsere Einsicht in das ganze Zweckmäßigkeitsgetriebe des Organismus denn doch eine recht dürftige ist: wir werden wohl selten fehlgehen, wenn wir etwa die Hälfte solcher Fälle, in denen wir keine Anpassung nachweisen können, doch für »angepasst« halten.

Über den inneren Bau der amphibischen Gewächse gilt im verstärkten Maße das über regulatorische Festigkeits- oder Transspirationseinrichtungen allgemein Gesagte: die Landformen weisen meist in Hinsicht des quantitativ Histologischen, wie auch oft durch Bildung neuer Gewebselemente deutliche positive regulatorische Reizeffekte auf; die Wassermodifikationen sind in solchen Fällen Gestalten, an denen eben die regulatorischen Effekte, weil sie nicht nöthig waren, unterblieben. In begrifflicher Beziehung scheint mir die Betonung dieser Sachlage nicht unwichtig zu sein. Eine besondere Erwähnung verdienen hier wohl die Spaltöffnungen, welche oft (nicht immer) nur bei den Landformen auftreten, und selbst bei ganz »reinen Wasserpflanzen, falls ihre Züchtung in der Luft gelingt, hervorgerufen werden können (Constantin bei Hottonia palustris); Schwimmblätter weisen meist nur oben Spaltöffnungen auf.

Doch können auch Wasserformen positive histologische Regulationscharaktere aufzeigen: ich denke hier an das »Acrenchym«, ein seltsames, z. B. an der Wurzel von Jussiaea beobachtetes Gewebe, welches wohl durch das Atmungsbedürfnis der untergetauchten Formen regulatorisch hervorgerufen ist [H., pag. 762].

Wir verweisen hinsichtlich der Wasserpflanzen den Leser nochmals auf Herbst und Goebel und wenden uns zunächst der analytischen Prüfung eines mit dem zuletzt Geschilderten in naher Beziehung stehenden Begriffes zu.

b. Analyse des Begriffes »Dichogenie«.

»Dichogenie« nannte de Vries [21] das Vermögen gewisser Organanlagen, sich nach zwei verschiedenen Richtungen zu entwickeln, und zwar dachte er sich Fälle strenger Dichogenie wohl so, dass

die Entwickelung nach einer der beiden Seiten hin nothwendiger Weise stattfinden müsse, dass sie also nicht etwa auch unterbleiben könne, und ferner, dass sie vollständig nach der einen oder der anderen Seite hin zu geschehen habe. In diesem Sinne redet er von einer »Wahl« zwischen zwei Möglichkeiten (pag. 13).

Wenn Hydroiden an Stelle der Hydranthen Stolonen bilden, so läge also ein Fall von Dichogenie, zugleich mit regulatorischem Charakter vor. Ebenso wenn die Rhizome der Circaea je nach Belichtung Laub- oder Schuppenblätter, wenn nach Lothelier bei Berberis je nach der Lufttrockenheit Dornen oder Blätter sich bilden, wenn bei der Kartoffel die Ausläufer im Licht zu grünen Trieben werden, in Dunkelheit aber an ihrem Ende Knollen sich gestalten lassen. Später (bei Erörterung der Wiederherstellungsregulationen) werden unter anderem Gesichtspunkte noch mehr derartige Fälle zur Erörterung kommen.

Es fragt sich für uns hier, ob wirklich die von de Vries als »Dichogenie« bezeichneten Fälle mehrfacher Potentialität von Anlagen eine so scharfe Sonderung unter einem gemeinsamen Namen verdienen.

Zuvörderst ist klar, dass in Fällen, wo es sich um das Ablaufen oder Unterbleiben (Gehemmtsein) gewisser morphogener Geschehnisse handelt, überhaupt nicht von Dichogenie gesprochen werden dürfte: man hat das wohl nicht immer beachtet; in diesem Falle »falscher Dichogenie« liegt nur die Thatsache vor, dass eine gewisse formative Reizwirkung eintreten kann, bei Fehlen des Reizes aber eben unterbleibt (s. o.).

Wenn wir aber auch an wahre Dichogeniefälle, z. B., von den obengenannten abgesehen, an die Blattformen gewisser amphibischen Gewächse zurückdenken, so will es uns scheinen, dass hier in Fällen, wo Land- und Wasserblätter von gemeinsamem Ausgangspunkt nach verschiedenen Seiten in ihrer Entwickelung fortschreiten, das eigentlich Wesentliche solcher Erscheinungen viel mehr in der nahen Beziehung des wirklich gebildeten Entwickelungsresultates zu der es jeweils hervorrufenden Ursache, welche Bezeichnung eben eine Regulationsbeziehung ist, gelegen sei, als in etwas Anderem.

Und Entsprechendes gilt wohl in allen oben als »Dichogenien« namhaft gemachten Fällen: dazu kommt, dass in ihnen durchaus nicht zwei scharf abgegrenzte Möglichkeiten, im Sinne eines »entweder-oder« vorliegen; Lothelier spricht geradezu von Übergängen aller möglichen Art zwischen Dorn- und Blattbildung je nach dem Grade der Feuchtigkeit [II., pag. 756]; und diese Betrachtungsart

möchte sich wohl auf die Zellen ausdehnen lassen. Bei Hydroiden durchschauen wir die abnorme Stolonenbildung in ihren Entstehungsbedingungen wenig, sicher ist aber, dass ein Stolo, nachdem er eine Zeit lang gewachsen ist, an seiner Spitze ohne Weiteres, ohne Verästelung, zur Formation eines Hydranthen schreiten kann, und bei Circaea dürfte vermuthlich der Grad der Belichtung auf den Charakter der an den Rhizomen entstehenden Blätter von großem Einflusse sein.

Liegen die Verhältnisse aber so, dann erscheint es uns viel wesentlicher, von einer unmittelbaren regulativen Beziehung der Differenzirungen zur Außenwelt, als von »Dichogenien« zu reden.

»Dichogenie« bedeutet uns also höchstens das Vorhandensein einer bestimmten Art der prospektiven Potenz an Anlagen, und zwar besagt sie, dass sich diese Potenz, so weit die Erfahrung reicht, nur nach zwei Richtungen äußern könne, also beschränkt, determinirt sei. Ein bestimmter Potenzcharakter liegt nun allem Differenzirungsgeschehen zu Grunde, und es kann nicht als etwas so Wesentliches, jedenfalls nicht als etwas das Geschehen in unseren Fällen erschöpfend Kennzeichnendes gelten, dass man sagt, eine Potenz mit zwiefacher Alternativität sei ihre Basis. Wissen wir übrigens doch gar nicht einmal, ob das in Strenge der Fall ist, und ob sich nicht unter anderen Umständen auch noch ein größerer Spielraum der Potenz an den von uns betrachteten Organtheilen zeigen könne: die Angabe Beyerinck's, dass junge, noch undifferenzirte Knospenanlagen von Rumex unter Umständen auch zu Wurzeln werden können, verdient in diesem Sinne besondere Beachtung [21, pag. 12].

Was aber jenes Kriterium angeht, dass Dichogenie sich in einer von zwei Richtungen äußern müsse, so kommt dieser Charakter wohl gar nicht einmal auf Kosten der Potenz der Anlagen, sondern ganz vorwiegend auf Kosten der formativen Reize zu stehen, die im Spiel sind: zwischen Licht und Nicht-Licht, zwischen feucht und trocken giebt es eben kein principielles Drittes; eines von Beiden muss allemal in der Natur vorhanden sein, und wenn der Organismus potentiell so beschaffen ist, dass A und non-A für ihn Beide Reize sind[1]), dann muss er eben auf alle Fälle reagiren.

1) Das ist nicht etwa logisch unmöglich. Man erwäge den Fall, dass das Licht zur Synthese eines für bestimmte Differenzirungen erforderlichen Stoffes nothwendig ist, dann ist das Licht »Reiz«. Gleichzeitig kann aber das Licht gewisse für andere Differenzirungen erforderliche Stoffe durch Zersetzung

Es wird dem Leser von Nutzen sein, die Eintheilung der Reizarten von Herbst, zumal seine Kategorie der Umschaltungsreize, sich hier zu vergegenwärtigen [H. pag. 804 ff.].

So wollen wir denn den Begriff der Dichogenie nicht als wesentlichen Charakterisirungsbegriff verwenden, sondern wollen die Fälle von »Dichogenie« unseren Fällen einer »regulatorischen Anpassung an Modifikationen des Äußeren« zuordnen[1]); eine principielle Bedeutung kann eben dem Begriff der Dichogenie auf keinen Fall zugesprochen werden.

c. Weitere Adaptationen verschiedener Art.

Zählen wir nach diesem Exkurse einige weitere Fälle morphologischer Anpassungen an Äußeres in Kürze auf: ob in den Lithiumlarven von Herbst [8] regulatorische oder rein organisatorische Geschehnisse vorliegen, wissen wir nicht. Davenport [4, pag. 16] giebt (nach Zacharias) an, dass die Spermatozoen von Polyphemus in einer 3 % igen Na Cl-Lösung Pseudopodien bilden und sie sogar als Flagellen benutzen; sollten hier nicht, wie in vielen Fällen differenter Einwirkung von See- und Süßwasser (Aktinophrys — Gruber etc.), rein physikalische Phänomene vorliegen, so auch, wenn nach Verworn die Pseudopodien der Amöben je nach der Concentration des Mediums variiren? Jedenfalls sind wir zur Zeit nicht befugt, hier regulatorische Anpassungen zu behaupten. Ähnliches

---

zerstören, dann ist, wenn vorher Licht war, auch Nicht-Licht »Reiz«, d. h. die eintretende Veränderung ruft neues Typisches hervor. Reiz aber darf mit Recht jede wirklich schaffende Veränderung, als Veränderung an und für sich, genannt werden.

1) Ich sagte früher von der Dichogenie: »es schafft also in Fällen von Dichogenie eine äußere oder eine innere Induktion die Bedingung dafür, dass der Effekt der wie sonst statthabenden organbildenden Induktionen ein anderer wird« [6, pag. 108]. Mir erscheint diese Auffassung jetzt zu künstlich: freilich schafft die innere »organbildende Induktion« die Anlage zunächst unbekümmert um Weiteres, aber dann wird der definitive Charakter der Anlage durch unmittelbare Einwirkung äußerer (oder, wie später zu zeigen sein wird, innerer) ebenfalls im engeren Sinne entwickelungsphysiologischer Induktionen auf sie, richtiger, auf gewisse ihrer Theile, in regulatorischer Weise bestimmt. In Fällen der »Dichogenie« liegt also echte Wirkung eines äußeren formativen Reizes auf gewisse Anlagen in einem Organ vor, die mit den Fähigkeiten auf mehrere (nur zwei?) specifische Reize specifisch zu reagiren ausgerüstet sind. Die Erscheinungen derDichogenie sind damit dem typischen »Entwickelungsgeschehen« eingeordnet.

gilt von »Standortsvarietäten« gewisser Infusorien (Maupas, Doflein). Wenn dagegen Doflein [5] für Colpoda angiebt, dass sie bei durch Druck hervorgerufener sehr rascher Encystirung viele Vacuolen anstatt einer, zum Zwecke rascherer Exkretion, bilde, so mögen wir wohl eine Regulationserscheinung hierin erblicken.

Wenn Veränderungen des Äußeren gewisse physiologische Vorgänge, die sonst allerdings auch eingetreten wären, beschleunigen, so liegt in eben dieser Beschleunigung auch eine regulatorische Anpassung vor. Ich denke hier namentlich an den Eintritt der Fortpflanzung. Namentlich durch Klebs [12] wissen wir, dass bei Pilzen, nachdem gute Ernährung vorausgegangen, ohne welche Fortpflanzung überhaupt nicht möglich ist, ein plötzlicher Nahrungsentzug, oder starke Erniedrigung oder Erhöhung der Temperatur, oder starke Transspirationserhöhung den Eintritt der Fortpflanzung vorzeitig auslöst. Hierher gehört es wohl auch, wenn nach R. Hertwig [10] Actinosphaerium durch Hunger zur Encystirung veranlässt wird, wenn Coniferen bei eingetretener schlechter Ernährung früher blühen, wenn nach Barfurth [1] bei Kaulquappen die Verwandlung durch Hunger beschleunigt wird.

Hier dürfen wohl auch gewisse regulatorische Schutzmittel der Organismen gegen das »Austrocknen« Erwähnung finden, die freilich zum anderen Theil (Cuticularbildungen) in die Klasse der Transspirationsregulationen gehören; Botrydium rettet sich dadurch, dass das Plasma in der Wurzel wandert und dort in eine Anzahl Zellen zerfällt, also durch eine Art von Fortpflanzung; ähnlich Vaucheria; auch die Sklerotien der Myxomyceten gehören hierher, und an den Protonemen der Moose kann Entsprechendes vor sich gehen: das Plasma sammelt sich hier in einzelnen Zellen, die durch schleimiges Zerfließen zwischen ihnen gelegener »Grenzzellen« isolirt werden [G. pag. 225 f.].

In vielen dieser Fälle handelt es sich wohl nicht nur um eine Beschleunigung der Fortpflanzung, sondern um eine positiv neue Art der Regulation. —

Das Zweckmäßige[1]) fast aller im Vorstehenden erörterten »Anpassungen« an Äußeres zeigte sich in mehr oder minder bestimmter

1) Es ist wohl überflüssig, zu bemerken, dass in diesem ganzen Abschnitte das Wort »zweckmäßig« einen rein äußerlichen, deskriptiven, vorläufigen, keinen tieferen, analytischen Sinn hat. Gleiches gilt von den Worten: Anpassung, Funktion, ja vom Worte Regulation selbst.

Weise darin, dass durch die Regulation unter veränderten Umständen der Pflanze die Ausübung normaler Funktionen erhalten blieb. Es giebt nun auch eine Reihe regulativ-formativer Reizeffekte, welche dadurch als geschlossene teleologische Gruppe sich kennzeichnen, dass die Ausübung der »Funktion« selbst das funktionirende Organ im Sinne eines »Noch-besser-Funktioniren-Könnens« verändert.

d. Funktionelle Anpassungen.

Da ich kürzlich [7, pag. 792 ff.] die hier vorliegenden Thatsachen, von Roux als funktionelle Anpassungen bezeichnet, kritisch gesichtet und ihren Charakter als formative Reizeffekte bewiesen, ihnen somit eine analytisch begründete Sonderheit genommen habe, kann ich mich hier, wo wir die gleichen Erscheinungen unter dem Sammelnamen der »Regulation« betrachten, kurz fassen:

Rein Quantitatives liegt vor, wenn Muskeln sich durch Thätigkeit nach Zahl und Dicke ihrer Elemente verstärken, wenn Stolonen der Hydroiden, wenn, nach Butter [2], Sprossfäden der Padina Pavonia bei Kontakt stärker wachsen, wenn nach Hegler das mechanische Gewebe seine Elemente bei Zugwirkungen verstärkt[1]). Für das Muskelgewebe ist von Loeb der Gedanke durchzuführen versucht worden, dass die stärkere Funktion ergiebigere Spaltungen schaffe, solche (eine größere Zahl von Ionen) aber Vorbedingung des organischen Wachsthums sei; das mag richtig sein, passt aber auf andere Fälle nicht; in letzteren wissen wir nicht viel mehr als eben die Thatsache.

In die Gruppe der Stärkung mechanischer Funktionen wird es auch gehören, dass nach Ray [17] der Pilz Sterigmatocystis in fortwährend erschüttertem Gefäß einen kugligen Thallus, dickere Membranen, reichlichere Zellwände bildet, und dass Sceletonema costatum nach Karsten [11] in bewegtem Wasser stärkere Kieselsäurebildung, dagegen weniger Zelltheilungen zeigt, um schweben zu können. Freilich ist hier das Geschehen durch die Funktion selbst nicht so rein ausgeprägt.

Dieser Fall ist aber wieder in deutlichster Weise vorhanden, und sogar nicht nur in quantitativer, sondern zum mindesten auch in

---

1) Man erinnere sich hier auch des über die Landformen der amphibischen Pflanzen Gesagten: sie werden mechanisch viel stärker als Wasserformen beansprucht.

»gerichteter« Ausprägung, wenn nach Knochenbrühen die Struktur des neugebildeten Knochens in direkter Beziehung zur mechanischen Inanspruchnahme steht, und geradezu qualitativ Neues wird »durch die Funktion« erzeugt, wenn nach Hegler Helleborus niger bei starkem Zug nicht nur, wie schon erwähnt, seine Gewebselemente verstärkt, sondern auch neue, an dem betreffenden Ort sonst nicht vorkommende Gewebe bildet [H. pag. 397]; dass er Elemente bilde, die der Pflanze überhaupt nicht zukämen, wird neuerdings durch Küster [14] bestritten.

Nach Unterbindung von Gefäßen werden gewisse Collateralen durch die neue Inanspruchnahme erheblich verstärkt: Proteus, dauernd in tiefem Wasser gehalten, verstärkt seine Kiemen; Drüsen vergrößern sich durch die Funktion; das Wurzelsystem verästelt sich proportional zur Güte des Nährbodens, wobei schon die Menge eines nothwendigen Stoffes entscheidet [16, pag. 137], Gallen erhöhen die Masse der zu ihrem Orte hinführenden Leitungsgewebe, Cuscuta ohne Nährpflanze aufgezogen, also zur Assimilation gezwungen, ergrünt stärker [16, pag. 319].

Das wären Beispiele »funktioneller Anpassung«, um die es sich in diesem Abschnitt ja vorwiegend handelt: in meinem schon erwähnten Aufsatze wird man den Versuch eines tieferen analytischen Eindringens, wennschon von anderem Standpunkt aus, als wir ihn hier einnehmen, finden; auch werden wir im theoretischen Theile dieser Arbeit noch einmal auf den Begriff der funktionellen Anpassung zu sprechen kommen.

Kapitel IV.

Restitutionen oder Wiederherstellungsregulationen.

Wir wenden uns der letzten großen Klasse der organischen Regulation zu: denjenigen, welche erfolgen, wenn der typische Bau der Organismen durch Eingriffe irgend welcher Art gestört ist. Sie sind es, welche zu allen Zeiten in ihrem regulativen Charakter recht eigentlich erkannt sind und in der Form der »Regenerationen« von jeher für besonders räthselhafte Lebensvorgänge gegolten haben. Wir verstehen das sehr wohl: sieht man doch ohne Weiteres vor Augen, was hier geschieht, oder wenigstens, dass etwas sehr Seltsames geschehen ist.

Wir wollen die große Menge der hier vorliegenden Geschehnisse

ganz allgemein als Wiederherstellungsregulationen oder kurz als Restitutionen bezeichnen. Was wieder hergestellt, restituirt wird, ist die künstlich gestörte »normale« Form des Organismus.

Ein näheres Überdenken des Materials führt uns aber dazu, die Aufzählung der einzelnen Fälle nach einem bestimmten Princip der Eintheilung vorzunehmen. So erörtern wir denn zunächst die wenigen Fälle von

1. Restitutionen durch Funktionsänderung.

Diese Gruppe von Erscheinungen schließt sich früher betrachteten rein funktionalen Regulationen eng an, ja sie ist eigentlich nur in sehr äußerlicher Weise »form«-restituirend, nämlich nur in Hinsicht der groben Gesammtform der Lebewesen. Das klassische Beispiel ist der dorsiventrale Seitenspross von Coniferen, der sich nach Entfernung des Hauptsprosses aufrichtet und sogar radiär [G. pag. 43] werden kann. Legen wir den Nachdruck auf das Aufrichten, so ist an jenem früheren Seitenspross also eine Änderung seiner geotropischen Reizbarkeit durch die Verletzung der Hauptachse eingetreten, die Verletzung wirkte als heterogene Induktion (s. o.), durch das Eintreten dieser ist im Wege einer Kompensation das »Ganze« im Groben restituirt. (Das fakultative Radiärwerden des neuen Hauptsprosses gehört in Strenge einer später zu erörternden Abtheilung der Restituirungsregulationen an.)

Es liegt hier eigentlich eine energetische Regulation vor, ihr Effekt nur äußert sich vermöge der Konstellation des Ganzen morphologisch.

Wenn an Pflanzen für das nächste Jahr bestimmte Achselknospen nach Entnahme oder nur Entblätterung des Hauptsprosses verfrüht austreiben, so liegt ebenfalls eine rein physiologisch vermittelte Regulation mit im Großen und Ganzen morphologischem Effekt vor. Hier können wir sogar bis zu einem gewissen Grade den Regulationsvorgang durchschauen: in der stärkeren Nahrungsmenge, die nach der Operation den ruhenden Knospen zufloss, mag ihr verfrühtes Austreiben theilweise — ob ganz, bezweifle ich — gelegen sein; jedenfalls mögen wir in ihr eine nothwendige Bedingung für das verfrühte Geschehen erblicken, wie denn ja bekannt ist, dass durch besonders gute Ernährung eines Samens, einer Blüthe, einer Frucht etc., bei gegebenem Ernährungsquantum, andere entsprechende Organe derselben Pflanze eben dafür um so kümmerlicher

oder ganz reducirt werden, und dass z. B. [nach Mattirolo, 48] Leguminosen nach Entnahme ihrer Blüthen sich reicher verzweigen und in ihrem ganzen vegetativen Theil üppiger gestalten, übrigens Dinge, die in dieser und in umgekehrter Richtung jedem Gärtner und Pflanzenliebhaber bekannt sind.

2. Restitutionen durch Konstruktion.

Von denjenigen morphologischen Regulationen, welche durch wirklich morphologische Geschehnisse eine Formstörung ausgleichen oder auszugleichen versuchen, sollen uns an erster Stelle die Restitutionen durch Konstruktion, d. h. durch positiven Neuaufbau des Fehlenden, beschäftigen.

Hierher gehört unter Anderem die bekannte thierische Regeneration, doch wollen wir im Anschluss an eben Gesagtes mit botanischen Fällen beginnen.

a. Botanisches.

Das uns hier angehende Material findet sich ziemlich vollständig dargestellt in Goebel's Organographie, daher unsere Schilderung sich kurz fassen kann: Es handelt sich bei Pflanzen meist nicht um die genaue Wiederbildung des dem Organismus entnommenen Theils, sondern um eine Neubildung, die ihn zwar ersetzt, aber nicht, wie bei echten Regenerationen, genau die Stelle des fehlenden Theiles einnimmt; nur sehr selten kommt eine echte »Regeneration«, d. h. ein unmittelbares Wiedererzeugen des Fehlenden von der Wundfläche aus, im Anschluss an sie, vor.

Wird z. B. bei Farnprothallien der Vegetationspunkt entfernt, so bilden sich an ihnen viele Adventivsprosse mit neuen Vegetationspunkten; dagegen ist hier der Vegetationspunkt selbst, wenn er etwa halbirt wird, echt regenerativer Vervollständigung fähig [G. pag. 35 und 37].

Auch wird von L. Peters [65] der vor Anlage des Blüthenköpfchens gespaltene Scheitel von Helianthus als regenerationsfähig bezeichnet, und Hildebrand [38] giebt an, dass die Spreite der Primärblätter einiger Cyclamenarten der echt regenerativen Vervollständigung fähig sei[1]).

Adventivbildungen bei höheren Pflanzen sind in großer Anzahl bekannt; sie entstehen entweder direkt aus dem Meristem

1) Diese und einige ähnliche Fälle finden sich diskutirt bei Winkler [95].

oder durch Vermittelung des sogenannten Callus; jeder Weidenzweig, in die Erde gepflanzt, illustrirt das Gesagte, jeder Querschnitt des Stammes kann hier adventiv Äste oder Wurzeln erzeugen, je nachdem er »oben« oder »unten« im Sinne der primären Orientirung gelegen ist [Vöchting, 90]; bei Ophioglossum kann nach Zerstörung des Sprosses ein neuer unmittelbar aus der Wurzel hervorgehen, wie überhaupt bei diesem Objekt jedes kleine Wurzelstück zur Bildung eines Sprosses fähig ist [G. pag. 39]; bei Keimpflanzen von Erbsen entsteht nach Fortnahme von Wurzel und hypocotylem Glied aus dem zunächst gebildeten Callus eine neue Wurzel, nach Entnahme des Sprosses entsprechend ein neuer Spross [G. pag. 37]; was die Blätter der Begonia und anderer Pflanzen alles adventiv leisten können, ist bekannt [s. z. B. Regel, 72].

Wollten wir allgemeine Kategorien des Geschehens hier schaffen, so könnten wir die von der Wundfläche aus gesehehenen Bildungen, da sie, obschon auch hier nicht gerade typisch das Fehlende wiedergebildet wird, an Regenerationen etwas anklingen, von reinen Adventivis, fern von der Wunde, trennen, doch käme eine große Bedeutung dem wohl nicht zu. — Auch eine Trennung der Adventivbildungen in solche, die durch Vermittelung von Callus, und in solche, die ohne sie entstehen, würde desshalb nichts Wesentliches besagen, weil Callus nichts Anderes als eine anfangs noch ganz undifferenzirte Neuanlage ist. — Eine Sonderung endlich in solche Bildungen, welche von »undiffenzirten« und solche, die von differenzirten Bildungen ausgehen, hat wegen der Schwierigkeit scharfer Abgrenzung vorläufig keinen praktischen Sinn: an den (»endogenen«) Adventivbildungen der Wurzeln und Stämme von Phanerogamen giebt das Cambium den Ausgangsort ab, aber schon bei Adventivis aus Blattstielquerschnitten sollen verschiedene Gewebe des Querschnitts eine Rolle spielen, und bei Adventivis auf Blättern sind es meist, z. B. bei Begonia, die Epidermiszellen, deren Theilung sie ins Dasein ruft.

Tiefer stehende Pflanzen bilden ihre Ersatzbildungen oft durch eine gewissermaßen embryonal zu nennende Vermittelung: zwar wird der abgeschnittene Keimschlauch von Mucor Mucedo ohne Weiteres durch Herauswachsen eines anderen aus der Zygote ersetzt, und die abgeschälte Rinde von Coprinus wird geradezu wiederersetzt, regenerirt; wird dagegen einem Coprinus der Hut genommen, so entsteht nicht unmittelbar ein neuer Hut, sondern Hyphen wachsen hervor, welche ihrerseits die Bildung neuer Fruchtkörper besorgen [G. p. 42].

Bei den Laubmoosen geht die außerordentliche Mannigfaltigkeit

der Ersatzleistungen fast stets durch Vermittelung von Protonema vor sich [G. pag. 40], nicht aber bei Lebermoosen, für die bei Marchantia von Vöchting [91] eine erstaunlich große Fähigkeit unmittelbarer adventiver Ersatzleistungen ermittelt worden ist. Die gleiche Fähigkeit, aus jedem beliebigen Bruchtheil die ganze Pflanze zu erzeugen, besitzt nach J. Reinke's [75] Forschungen die Alge Caulerpa.

Ein äußerst charakteristisches Licht auf die Verschiedenheit der Wege, über die der Organismus zu seinen Ersatzleistungen verfügen kann, bietet das Studium der Wurzelverletzungen uns dar: wird die Wurzelspitze sehr weit distal abgeschnitten, so ergänzt sie sich durch Regeneration, wie auch längsgespaltene Wurzeln der echten Regeneration fähig sind (Lopriore [46]); wird der Schnitt weniger weit distal geführt, so bilden sich aus einer Calluswucherung Ersatzwurzeln, geschieht er dagegen noch weiter proximal, im Bereich der Nebenwurzeln, so tritt ein Geschehen ein, welches begrifflich richtiger im vorigen Abschnitt zur Sprache gekommen wäre: eine der zunächst gelegenen Seitenwurzeln ändert ihre geotropische Reizbarkeit in Folge der Operation, die für sie eine heterogene Induktion bedeutete, und ersetzt damit die Hauptwurzel, ebenso wie ein Seitenzweig den entfernten Gipfelspross der Fichte ersetzen kann [G. p. 36 f.].

Mattirolo [48] giebt anlässlich seiner schon oben herangezogenen Leguminosenuntersuchung an, dass sich nach Entnahme der Blüthenstände kleine gelblich-grüne Blüthen an der Stengelbasis sowie eine erhöhte Zahl von Wurzelknöllchen gebildet hätten; er will die Ursache dafür in der Menge der Stickstoffverbindungen sehen, welche zur Blüthezeit normalerweise die Pflanze durchziehen und nun, da zur Zeit der Operation die Samenbildung noch nicht vollendet war, ihre Wirkung anders entfalten. Es ist aber klar, dass diese Annahme, wie alle »Organstofftheorien«, höchstens für das Quantitative der eingetretenen Regulation verantwortlich gemacht werden kann.

Waren die bisher zur Erörterung gekommenen Ersatzbildungen bei Pflanzen mehr nach ihren äußeren Formbeschaffenheiten studirt worden, so entnehmen wir dagegen der zusammenfassenden Arbeit Massart's »La Cicatrisation chez les végétaux« [47] die Kenntnis einiger intimerer Vorgänge, welche zu Ersatzbildungen bei pflanzlichen Organismen führen, und gleichzeitig Einiges über regulative Gestaltungsvorgänge bei Algen.

Bei Fadenalgen wird der von einer bestimmten Stelle an abgetödtete Theil des Organismus oder auch irgend eine abgetödtete Zelle dadurch ersetzt, dass die nächst untere lebende Zelle einen Seitenast bildet und damit einen neuen Faden beginnt; bei flächenförmigen Algen wird das terminale Absterben einiger der sie konstituirenden Fäden oder besser Zellreihen dadurch kompensirt, dass benachbarte Fäden, also nicht die noch lebenden basalen Theile der terminal zu Grunde gegangenen, sich verzweigen und an Masse zunehmen; es ist dabei nicht unwichtig zu bemerken, dass diese Verzweigung der Nachbarfäden auch eintritt, wenn eine Zellreihe in ihrem Wachsthum auf Elemente anderer Theile des gleichen Individuums oder auch anderer Individuen gleicher Art[1]) stößt und damit zur Einstellung ihres Wachsthums veranlasst wird.

Bei Florideen und Phaeophyceen rufen Verletzungen der Oberfläche eine starke Vermehrung der freigelegten tieferen Gewebe hervor, die zur Wiederherstellung der typischen Randelemente führt: hier dürfen wir wohl von echter Regeneration reden. Gleichzeitig geschieht es auch bisweilen, z. B. bei Delesseria, dass von den oberflächlichen Zellen der Nervatur aus neue Vegetationspunkte gebildet werden, an Stellen, die von der Wunde ziemlich entfernt sind: dieser Vorgang ist wohl der Adventivbildung höherer Pflanzen gleichzusetzen, die ja auch nicht am Orte der Verletzung selbst erfolgt. Ein Analogon zu dem Herausssprossen von Ersatzbildungen aus der von Callus bedeckten Wundfläche bei höheren Gewächsen finden wir dagegen bei Fucus, bei dem die Wundfläche selbst zahlreichen neuen Sprossen den Ursprung giebt.

Über Pilze und Moose ist oben schon genügend geredet worden, dagegen mag das oben über die äußeren Phänomene der Ersatzbildungen bei höheren Gewächsen Gesagte hier durch einige Bemerkungen über die eigentliche Wundheilung derselben ergänzt werden:

Die Phänomene der Heilung finden nicht nur nach Entnahme peripherer Gewebspartien, sondern auch dann statt, wenn dieselben abgetödtet, aber an ihrem Orte belassen werden; die Elemente der an die Wundfläche angrenzenden Zellschicht verlängern sich senkrecht zu derselben, auf sie zu, dabei, wenn es nöthig sein sollte, selbst Drehungen ausführend, wobei wohl richtende Reize im Spiele sind[2]); die Zellen verdünnen ihre Wandungen, geben ihre

1) Sollten wir etwa allgemein sagen können: auf einen Widerstand?

2) Man vergleiche hierzu die Mittheilungen von Nestler [60] über Tangl's

Stärke ab und theilen sieh dann dureh Zellwände, welehe senkreeht zur Aehse ihrer Verlängerung stehen, also der Wundfläehe parallel laufen. Der Streekungs- und Theilungsproeess pflanzt sich, was sehr beaehtenswerth ist und zur Annahme einer Vermittelung des Reizes führen muss, langsam auf tiefer gelegene Zellschiehten fort: 5 Schichten und mehr können davon ergriffen werden. Das Sehieksal der neu gebildeten Zellen ist je nach dem Alter der betreffenden Organe versehieden: an jungen Blättern können die oberflächlichen Schiehten direkt in die Epidermis übergehen; an älteren Organen gesehieht Alles nach vorhergegangener Bildung des Wundkorks; an verholzten Stämmen geht natürlich alles Theilungsgesehehen überhaupt von den Markzellen aus. Das Schieksal der tiefer gelegenen Zellschiehten hängt durchaus von der Natur der entnommenen Elemente und von der jeweiligen Lage der Ersatzzellen ab[1]: es kommen also hier Probleme in Frage, die uns erst später angehen werden. Alles in Allem sind wir berechtigt, die Wundheilung der Phanerogamen als eehte Wiederbildung, als Regeneration zu bezeichnen, wir haben also diese ihre Regeneration, auf die oben sehon hingewiesen ward, nunmehr eingehender kennen gelernt.

Hiermit verlassen wir die Restituirungserseheinungen dureh Konstruktion bei Pflanzen.

b. Adventivbildungen bei Thieren.

Wenden wir uns thierisehen Phänomenen zu, so thun wir am besten, echt regenerative von »adventiven«, d. h. nieht von der Wunde ausgehenden Bildungen scharf zu sondern. Wir nennen als ersten adventiven Fall die sogenannte »Regeneration« der Linse bei Tritonen; von dem in seinen Einzelheiten neuerdings umstrittenen Vorgang geht uns hier nur das eine von Wolff festgestellte Elementargeschehen an, dass nach Entnahme der Linse von der Iris aus durch aktive Waehsthumsproeesse, denen eine gewisse Entdifferenzirung des betreffenden Iristheils vorangeht, eine neue Linse gebildet wird [96]. Eine eehte Regeneration, eine Wiederbildung von der Wunde aus ist das nicht, es ist eine Ersatzbildung von anderem Orte her, die

»Traumatropismus«: nach Verletzungen bewegen sich Plasma und Kern der angrenzenden Zellreihen, bis zur fünften, auf die Wundstelle zu und lagern sich jeweils an der der Wundstelle nächstgelegenen Wand ihrer Zelle an. Vgl. auch Miehe (Flora 88, 1901).

1) Ein gutes Beispiel: Massart, pag. 59 f.

durchaus an Adventivbildungen der Pflanzen erinnert, nur ist sie typischer, specificirter als jene, wie denn überhaupt der Organismus der meisten Thiere dem pflanzlichen gegenüber specificirter ist.

Bei thierischen Organismen, welche den Pflanzen in ihrem groben Formcharakter ähneln, z. B. bei den Hydroiden, finden wir ersetzende Konstruktionsvorgänge, die den bei Pflanzen beobachteten äußerst ähnlich sind: es können (Aglaophenia, Antennularia) einfache Wiederherstellungsvorgänge, Regenerationen sein, wie an der Wurzelspitze bei terminalem Schnitt, es kann aber auch ein Ersatz durch vorausgegangene Vermittelung, wie bei den Moosen durchs Protonema, bei bei Pilzen durch Hyphen, erfolgen, wenn (bei denselben Formen) aus der Wundfläche ein Stolo hervorwächst, und an diesem erst neue Hydranthensprosse entstehen. Die näheren Umstände aller dieser Processe, ihre Abhängigkeit von der Gravitation, einer gewissen (meist nicht vorhandenen) Polarität etc. gehören nicht hierher und sind zum Theil oben anlässlich des Exkurses über formative Reize erwähnt worden [Loeb, 44, Driesch, 11].

Ersatzbildungen einfacher Art, weniger in einer Neubildung als in einer, immerhin durch aktive Wucherungsprocesse geschehenden, Vergrößerung von schon Vorhandenem bestehend, liegen in den als kompensatorische Hypertrophie zusammengefassten Erscheinungen vor. Die Thatsache selbst ist bekannt genug: nach Exstirpation eines von zwei paarigen Organen (Drüsen) vergrößert sich, und zwar wahrscheinlich durch Zunahme der Zahl und der Größe der Elemente, das andere. Erwähnung verdient vor Allem dieses, dass bei Organen wie den Geschlechtsdrüsen, namentlich aber den Mammae junger Thiere, die thatsächlich eintretende Kompensationshypertrophie, wie schon Roux bemerkte, naturgemäß gar nicht auf »funktioneller Anpassung« beruhen kann, also in anderen Fällen auch nicht auf solchen zu beruhen braucht [Ribbert 75].

Wenn Alpheus nach Entnahme seiner großen (»Sehnalz«-)Schere nach der nächsten Häutung die frühere kleine (»Zwick«-)Schere als große ausgebildet zeigt (während er an Stelle der großen eine kleine regenerirt hat), so liegt hier nicht nur einfache Vergrößerungshypertrophie vor, sondern auch eine Differenzirungsneuleistung, denn die große Schere ist organisatorisch reicher ausgestaltet [Przibram 68].

Wäre es über allen Zweifel erhaben, dass bei Säugern neue Lymphdrüsen im Mesenterium nach Exstirpation der Milz, dass nach Entfernung der Nebennieren accessorische Organe auf der Vena cava oder in der Nähe der Niere entstehen, so würden hier Vorgänge

vorliegen, die an die Wolff'sche Linsenregeneration anklingen: Adventivbildungen an einem von der Wundfläche entfernten Ort, ausgehend von durchaus fremden Organen [citirt nach Barfurth, Ref. für 1891, pag. 136].

Eine gesichertere aktive Ersatz-, nicht Wiederbildung, hier zwar von gleichem Organ ausgehend, liegt ferner vor, wenn sich Gefäßcollateralen durch Wucherung bilden nach Verstopfung eines Gefäßes[1]), durch den Druck des Blutes nur angeregt, nicht ausgeführt. Principiell ähnlich, äußerlich verschieden, ist die Steigerung der Blutbildungsprocesse im Knochenmark nach Aderlässen [36, pag. 170f.].

Eine ganz gesonderte Stellung nimmt die Wiederbildung des Skeletts der Echinidenlarven nach ihrer Auflösung mittels CO_2 ein[2]) [Driesch 19].

c. Die thierische Regeneration.

Wenn wir nach Erwähnung aller dieser Vorkommnisse nunmehr zur Darstellung desjenigen Restituirungsgeschehens übergehen, das für die Thiere am charakteristischsten ist, so beginnen wir am besten mit einer vorläufigen Definition. Wir stellen es als eigentliches Kriterium der echten Regeneration hin, dass sie vom Ort, an dem die Entnahme statt hatte, ausgehe, und zu einer das Fehlende in seiner eigensten Specifität ersetzenden Bildung führe. Zwar ist, wie stets in solchen Fällen, dieser Eintheilungsgesichtspunkt nicht in allen Fällen mit Strenge durchzuführen; ein Beispiel mag das erläutern: die Leber der Vertebraten ergänzt sich zur alten Größe, selbst wenn ihr sieben Achtel ihres Volumens genommen sind, bei ihrer Wiederbildung gehen nun aber die Wachsthums- und Theilungsvorgänge nicht nur von den Wundflächen aus, sondern geschehen auch entfernt von ihr, innerhalb der intakten Substanz

---

1) Nicht zu verwechseln mit der oben erörterten stärkeren Ausbildung schon vorhandener Collateralen durch Benutzung.

2) Hier schließt sich wohl an, was von Schalenrestituirungen bei Protisten bekannt ist; es ist sehr fragmentarisch. In der einzigen speciell auf diesen Zweck gerichteten Untersuchung (Verworn [88]) wird konstatirt, dass Difflugia gar nichts von ihrer Schale restituirt, während Polystomella Schalendefekte mit Plasma überzieht, das sich mit einfacher Schalenkruste überdeckt; wirklich regenerative Bildung neuer Schalensegmente konnte nur vermuthet werden.

Bei der Restitution von Schalentheilen bei Mollusken wird es sich wohl immer zugleich um vorausgegangene Wiederbildung von Epithel handeln, da es unmöglich sein dürfte, die Schale ohne das Epithel zu verletzen.

[Ziegler 97], und eine solche Art der Fernwirkung des Restitutionen anregenden Reizes, wie wir sie ja auch bei der Wundheilung der Phanerogamen kennen lernten, mag sehr verbreitet sein: wir wollen aber in solchen Fällen gleichwohl von Regeneration reden, obwohl sie sich unserer vorläufigen Definition nicht in ganzer Strenge fügen; nur soll die Bedingung, dass die Restituirung von einem verletzten Organ selbst ausgehe, immer erfüllt bleiben müssen.

Für die Regenerationserscheinungen fehlt es an einer zusammenfassenden Darstellung, daher müssen wir im Folgenden etwas eingehender werden und namentlich versuchen, das gemeinsame Allgemeine der zahlreichen, zerstreuten Einzelergebnisse in das rechte Licht zu setzen. Die jährlichen Berichte Barfurth's über Regeneration liefern zwar eine schätzenswerthe Materialquelle, aber, mit Ausnahme des Ersten, wenig Zusammenfassendes; sie bringen außerdem so Vieles, das nicht »Regeneration« in einigermaßen strenger Fassung des Begriffes ist, das aus ihnen der Leser nur durch eigene Verarbeitung das gewinnen könnte, an dem uns hier vorwiegend gelegen ist.

So sei denn der Entwurf einer analytischen Theorie der Regeneration von uns versucht, gleichsam als dieser Arbeit eingefügte Sonderstudie, und weniger in der Absicht, Resultate mitzutheilen, als Probleme aufzustellen für künftige thatsächliche Forschung.

Entwurf einer analytischen Theorie der Regeneration.

α. Die Beziehungen zwischen regenerirendem Organ und Regenerat.

Es gilt als allgemeine Regel, dass jedes Organ oder Gewebe nur seines Gleichen regeneriren kann. Diese Regel fordert aber Einschränkungen und hat Ausnahmen. Sie fordert Einschränkungen, indem sehr oft die Regeneration gar nicht von den vollendeten Elementen des Organs, wie sie da sind, ausgeht, sondern von weniger ausgeprägten, »undifferenzirten«, in sehr wenig besagender Fassung: »embryonalen« Elementen desselben. So regenerirt sich die Chorda der Amphibienlarven[1]) nicht von den fertigen Chordazellen, sondern

1) Die Angaben über Regeneration der Amphibien basiren vorwiegend auf den Angaben von Fraisse [24] und Barfurth [4]. Nusbaum-Sidoriak bestätigten jüngst alle wesentlichen Angaben dieser Forscher nach Untersuchungen an Forellenembryonen [61].

von dem der Chordascheide anliegenden Chordaepithel aus; das Rückenmark derselben Objekte stellt sich vom Medullarepithel aus, die Muskulatur, wenigstens in sehr jungen Stadien, von den undifferenzirten Sarkoblasten aus wieder her; bei Anneliden ist für einen Fall die Regeneration des Mesenchyms von besonderen, sehr wenig differenzirten Zellen, den Neoblasten, aus festgestellt[1]) [Randolph 71]. Freilich regeneriren ältere Amphibienlarven ihre Muskulatur ohne Weiteres durch Längsspaltung präexistirender Muskelelemente, und Entsprechendes gilt in vielen Fällen zumal vom Bindegewebe, Epithel, Nervensystem und inneren specifischen Organen[2]).

Sehen wir aber nunmehr von der genannten Einschränkung unserer Regel ab, und fragen wir uns, wie es mit der Richtigkeit ihres wesentlichen Inhalts steht, so ist dieselbe für viele Fälle ohne Weiteres zugegeben, für viele — nicht für alle.

Jede Abhandlung über Regeneration bietet Beispiele für die Regel dar, und es mag hier, um ihre Gültigkeit recht typisch zu illustriren, daran erinnert sein, dass nach Phillipeaux und Fraisse [24] Amphibien im regenerirten Bein nur dann Knochen bilden, wenn wirklich Knochen verletzt, nicht aber, wenn das Bein exartikulirt war: in letzterem Fall war eben der Knochen nicht verletzt, und ein Gewebe, welches in ihm »Gleiches« hätte liefern können, gar nicht in Aktion gesetzt worden.

Wir können nun aber unserem soeben gestützten Ausspruch vielleicht den anderen Satz entgegenstellen, dass jede Abhandlung über Regeneration auch Beispiele für Abweichungen von unserer Regel darböte, und zwar wollen wir dabei ausdrücklich bemerken, dass wir hier nur von den üblichen Erscheinungen der Regeneration, noch nicht aber von der sogenannten Heteromorphose reden wollen.

Nehmen wir z. B. die neueste Arbeit von v. Wagner [93] über die Regeneration von Lumbriculus zur Hand[3]), so finden wir, dass hier

---

1) Für die übrigen Regenerationserscheinungen bei Anneliden scheint das aber nicht zu gelten; s. u.

2) Bei Planaria z. B. (so weit dort überhaupt echte Regeneration vorkommt [s. pag. 71]) regenerirt sich der Darm wohl auch nach dem Typus »Gleiches aus Gleichem«. Muskulatur und Parenchym des neuen Kopfes und Schwanzes gehen von den recht »indifferenten« Parenchymzellen aus; der neue Pharynx entsteht im Wege der »Umdifferenzirung«. Specifische prädestinirte Regenerationszellen giebt es nie (Bardeen [2]). Für das Nervensystem lauten die Angaben verschieden.

3) Von Wagner will nur die »physiologische« Regeneration »Regeneration«

die gesammte konstruktive Neubildung des centralen Nervensystems vom Hautepithel aus geschieht; es bildet sich nicht etwa durch Sprossung von dem verletzten Bauchstrang aus[1]). Können wir da sagen, dass Gleiches von Gleichem gebildet werde? Die doktrinären »Keimblätter« und sonstige »Theorien« gehen uns in dieser vorurtheilslosen Untersuchung doch wohl nichts an[2]).

Dann aber muss es uns außer Zweifel erscheinen, dass der Satz »Gleiches aus Gleichem« durch die Genese des Nervensystems bei dem WAGNER'schen Objekt durchaus umgestoßen wird. Er wird sogar derart umgestoßen, dass vielmehr die Restituirung zumal des Gehirns (Oberschlundganglions) beinahe als eine »Adventivbildung«, im Sinne der WOLFF'schen Linsengenese, erscheint; ich würde sie geradezu so nennen, wenn nicht die aktive Restituirung durch Sprossung hier immerhin von einem verletzten Theil selbst, der Haut, ausgegangen wäre.

Wenn nach den Ermittelungen BARFURTH's [4] die Chorda älterer Amphibienlarven kein Chordagewebe, sondern den sogenannten Chordastab von jenem oben erwähnten Chordaepithel aus neubildet, wenn im Eidechsenschwanz kein Knochenskelett, sondern nur ein knorpliges Rohr regenerirt wird, so mag man darin immerhin nur geringfügige Abweichungen von der Regel »Gleiches von Gleichem« erblicken und dasselbe gilt auch über die von BARFURTH [citirt

---

nennen, die auf Operation hin erfolgende »Reparation«. Mir scheint das ein sehr äußerlicher Eintheilungsgrund zu sein, ganz abgesehen davon, dass ich das Wort Reparation schon vor Jahren für bestimmte, nicht in Strenge regenerativ verlaufende Restituirungsprocesse (Tubularia) vergeben habe [16].

1) Solches ist, wie es scheint, bei fast allen Anneliden der Fall, wenn es sich um Regeneration größerer Theile des hinteren [SCHULTZ 78] oder des vorderen Körperabschnittes handelt (HAASE [27], HEPKE [32], MICHEL [49] etc.). Nur bei Lumbricus betheiligt sich das vorhandene Nervengewebe mit Sicherheit am Regenerat (FRIEDLÄNDER [23], HESCHELER [37], aber auch in Verbindung mit ektodermalen Wucherungen. — Naturgemäß sind alle diese nur an Schnitten ausführbaren Untersuchungen sehr schwierig.

2) Desshalb legen wir auch kein so großes Gewicht auf das durch v. WAGNER und, mittels einer sinnreichen Doppeloperation, durch JOHANNA KROEBER [42] nunmehr wohl endlich festgestellte Faktum, dass der ontogenetisch sich aus dem Ektoderm gestaltende Pharynx der Oligochaeten regenerativ aus dem entodermalen Darm hervorgeht. Für die unbefangene Betrachtung sind hier die wirklichen Unterschiede zwischen Regenerationsbasis und Regenerat bei Weitem nicht so durchgreifend wie in manchen anderen, von uns erörterten Fällen.

nach Barfurth, Ref. für 1894, pag. 480] mitgetheilte Regeneration eines Sphincter ani nach dessen totaler Exstirpation, in welchem Falle sich übrigens wegen der Kürze der Mittheilung nicht übersehen lässt, wie weit hier überhaupt echte Regeneration und nicht vielmehr kompensatorische Umdifferenzirung betheiligt war.

Wenn Drüsen sich von ihrem Ausführungsgang aus regeneriren [Ribbert 75], so wird unsere Regel in aller Strenge natürlich auch nicht befolgt, obwohl die Zellen jenes Ganges immerhin in gewissem Sinne das Prädikat embryonaler Drüsenzellen verdienen [1]). —

Wüssten wir Näheres über die Vorgänge, welche zur völligen Restituirung der von ihr selbst ausgestoßenen Eingeweide der Holothurie führen, so würde von hier aus wohl ein recht tiefer Blick in die Beziehungen zwischen Regenerirendem und Regenerat möglich sein; unter den obwaltenden Umständen ist der Fall für uns unbenutzbar.

Wenig analysirt sind leider auch die interessanten Beobachtungen Przibram's [68] über die Regeneration der Crinoiden: der »Kelch« regenerirt hier die komplette, die Eingeweide enthaltende »Scheibe« wieder, selbst wenn der Kelchboden nach der Operation noch »ausgekratzt« wurde, gleichzeitig vermag er vier von den fünf Armpaaren neu zu bilden. Weiter dringende Untersuchungen sind hier sehr erwünscht. —

Eine nähere Analyse in Hinsicht der uns hier angehenden Frage gestatten die Ermittelungen H. D. King's an Asterias. Nach Entfernung eines Theiles der oberen Scheibenwandung mitsammt der Madreporenplatte wird nicht nur die Haut, sondern auch jene Platte restituirt: hier die gewöhnlichen Scheibenwandungselemente als »embryonale« Madreporenplattenzellen zu bezeichnen, würde uns wohl nicht viel nützen [2]); die Madreporenplatte kann auch, wenn sie allein entnommen war, wiedererzeugt werden. Ganz Entsprechendes gilt von den an den Armspitzen von Asterias befindlichen Augenflecken: sie werden rasch regenerirt vom fremden Gewebe aus [3]).

---

1) Nach Ribbert [76] entdifferenziren sich durch Transplantation außer Funktion gesetzte Drüsenzellen und werden dabei den Ausführgangzellen histologisch gleich.

2) Übrigens verliert durch alle diese Fälle jene Beobachtung von Fraisse, dass Knochen nur nach Verletzung von Knochen selbst wiedergebildet werden, ihre allgemeine Bedeutung.

3) Ophiuren regeneriren nach Dawydoff [10a] in ihren Armen das Wassergefäß

Die Regeneration des total exstirpirten Gehirns von Ciona endlich, welche nach der von L. Schultze [79] bestätigten Entdeckung Loeb's [44] von dem verletzten Peribranchialepithel aus erfolgt, sei das letzte[1]) besondere Beispiel dafür, dass regenerative Restituirungsvorgänge, obschon sie von der Verletzungsstelle ausgehen, doch ganz Anderes als dem verletzten Gewebe Gleiches zu produciren im Stande sind: die Gehirnrestituirung der Ciona hat in der That, ähnlich wie die von v. Wagner geschilderte Hirnregeneration des Lumbriculus, nahezu den Charakter einer Adventivbildung[2]).

β. *Die zwei Hauptphasen des Regenerationsverlaufs.*

Fragen wir uns, nach den im Vorstehenden gepflogenen mehr vorläufigen Betrachtungen, nun einmal ohne alle Voreingenommenheit, was denn eigentlich beim Ablauf eines regenerativen Restitutionsgeschehens vor sich geht: vielleicht werden sich da unsere Regel »Gleiches aus Gleichem« und ihre zahlreichen Abweichungen gleichermaßen begreifen lassen:

Regeneration ist in den seltensten Fällen bloße Wiederherstellung eines einfachen Homogenen: bei Wiederherstellung eines theilweise extirpirten in sich gleichartigen Organs, wie der Leber, des Gallenganges ist solches allerdings der Fall; aber welch' ein in sich heterogenes, lokal-specificirtes Gebilde ist schon der Fuß eines Salamanders oder gar das Vorderende eines Annelids! Gerade in der Wiederherstellung solcher komplicirten Gebilde liegt nun aber das Hauptkennzeichen der Regeneration, liegt zugleich ihr Hauptnutzen für den Organismus. Für sie aber kann ja in Strenge unser Satz »Gleiches von Gleichem« gar nicht gelten, da eben das Wiederbilden von Dingen, die dem Vorhandenen ungleich sind, das Wesentlichste an regenerativen Processen ausmacht!

---

nach dem Typus »Gleiches von Gleichem«, das Nervensystem, wie die Anneliden, vom Ektoderm aus.

1) Als echte Regeneration sind wir wohl auch befugt, die Wiederbildung des extracapsulären Plasmas von der Centralkapsel aus bei dem Radiolar Thalassicolla zu bezeichnen (Verworn [89]), wennschon wir hier keinen mehrzelligen Organismus vor uns haben: da das Plasma dieser Organismen innerhalb und außerhalb der Kapsel recht differente Struktur besitzt, so besteht der Satz »Gleiches von Gleichem« hier nicht zu Recht.

2) Der Fall der Ciona hat vor dem Wagner'schen den principiellen Vortheil, dass in ihm Täuschungen völlig ausgeschlossen sind: es war eben gar kein Nervengewebe da, von dem aus das Gehirn hätte neu gebildet werden können.

Der Satz »Gleiches von Gleichem« besteht zu Recht in vielen Fällen hinsichtlich der Abkunft der allgemeinen Gewebequalitäten, und zwar wohl dann, wenn die Neubildungsart, die er ausdrückt, aus von uns nicht durchschaubaren Gründen dem Organismus besonders gelegen ist: er kann schon gar nicht zu Recht bestehen, wenn Gewebearten zu restituiren sind (Augenfleck, Madreporenplatte etc.), von denen nichts übrig gelassen war, und auch wenn solches der Fall gewesen ist, gilt er oft nicht, auch dann tritt doch oft die Neubildung von fremdem Gewebe ein, obwohl gleichartiges zur Verfügung stand.

Aber untersuchen wir jetzt den Regenerationsverlauf, unbekümmert um herrschende Regeln oder Gesetze.

Das Wiederbilden von etwas Specifischem, in sich Heterogenem, das anders beschaffen ist, als der belassene Rest, ist recht eigentlich das Kennzeichen der Regeneration: die Regeneration der gesammten Armoberseite bei Asterias [King 40], von der Armunterseite aus, ist ein weiterer typischer Fall dafür; aber im Grunde genommen ist schon ein regenerirter Schwanz, der doch distalwärts in »specifisch-heterogener« Weise immer schmäler wird, um spitz zu enden, ein Beispiel für das Gesagte.

Was also geht hier vor?

Ich habe schon früher einmal [17, pag. 52] einen Gedanken in dieser Hinsicht mitgetheilt, als ich zwei Phasen der Regeneration: die Anlage und die Ausgestaltung, unterschied.

Erstere, sich in Zelltheilung und Wachsthum äußernd, bezeichnet den Beginn des regenerativen Geschehens; sie liefert stets ein recht indifferent aussehendes, formloses Material von Zellen, falls nicht, in seltenen einfachen Fällen, gewisse Gewebe in strengstem Sinne von ihres Gleichen, also z. B. Muskelelemente durch Längsspaltung präexistirender, geliefert werden.

Was durch diese Anlagebildung im Falle ihrer Indifferenz geliefert ist, ist nun aber im Grunde genommen wohl dasselbe, was in so vielen Fällen ein abgefurchter Keim darstellt: ein äquipotentielles System, nur mit beschränkterer impliciter prospektiver Potenz.

In der Anlage also, dem Resultat des eigentlichen echten Regenerations-, d. h. »Wiedersprossungs«geschehens, läge, wenn unsere Auffassung richtig ist, noch gar nichts Specificirtes vor, sondern erst ein Bildungsmaterial, aus dem solches werden soll, ein Bildungsmaterial, das zwar specifisch ist, insofern es als Ganzes eine

bestimmte prospektive Gesammtpotenz besitzt, bestehend aus der Gesammtheit dessen, was es liefern kann, aus dem aber wahrhaft Specificirtes, also auch specificirt Ersetzendes erst nachträglich herausgebildet wird. Das geschieht durch die zweite Phase der Regeneration: die Ausgestaltung.

Ich gebe zu, dass meine Annahme der harmonischen Äquipotentialität[1]) der Regenerationsanlage zur Zeit hypothetisch ist: möge sie dazu anregen, experimentell den Charakter von Regenerationsanlagen zu prüfen. Würde sich aus einer Anlage nach Entnahme eines beliebigen Quantums von Zellen doch das zu regenerirende Organ vollständig, nur zunächst in kleineren Proportionen, bilden, so wäre die totale Äquipotentialität der Anlage bewiesen[2]), ebenso wie sie durch den entsprechenden Versuch für den abgefurchten Echinidenkeim bewiesen ist.

Freilich wäre es auch nicht undenkbar, dass solche »Anlagen«, wie etwa diejenige, welche die Wiederbildung des Amphibienschwanzes einleitet, nicht als Totales äquipotentiell sind, aber gleichwohl aus einzelnen in sich äquipotentiellen Theilen bestehen, indem die Sprossungsprodukte jeder Gewebsart, mögen sie von fertigen oder von »embryonalen« Zellen geliefert sein, je für sich einen solchen äquipotentiellen Theil ausmachen; dann wäre das Ganze der Anlage inäquipotentiell und etwa einer Echinidengastrula in seiner Potenzvertheilung vergleichbar [vgl. 12].

Alle diese Fragen kann nur das Experiment entscheiden; zur begrifflichen Sonderung aber des gesammten regenerativen Processes in Anlage und Ausgestaltung muss, dünkt mich, Jeder gedrängt werden, der irgend eine Schilderung von Regenerationsvorgängen, bei denen es sich nicht in ganz deutlicher, einfacher Weise um das Princip »Gleiches aus Gleichem« handelt, bei sich überdenkt: ich verweise nochmals auf v. Wagner's Schilderung der Hirnregeneration von Lumbriculus. Freilich mag in manchen Fällen die scharfe Grenze zwischen Anlage und Ausgestaltung verwischt sein: Anlagesprossung mag noch vor sich gehen, während ein Theil der Anlage

---

1) Dieser Ausdruck besagt, dass jedes Element der Anlage in der Gesammtheit des zukünftigen Ausgestaltungsgeschehens jede beliebige Rolle spielen könne [s. 17, pag. 72].

2) Denkbar wäre es auch, dass die defekte Anlage sich erst in sich regenerativ vervollständigt und dann das Normale in normaler Form regenerirt. Dann wäre ein direkter Schluss auf ihre Äquipotentialität noch nicht erlaubt. Mir erscheint aber die im Text ausgesprochene Vermuthung wahrscheinlicher.

sich bereits auszugestalten begonnen hat. An der Berechtigung einer scharfen begrifflichen Trennung beider Proeesse hindert das gar nicht. —

Es ist klar, dass der übliche Begriff der Regeneration, als eines allmählichen Hervorwachsens des zur Ergänzung Nöthigen aus der Wunde, einigermaßen modificirt wird durch die Aussage, dass das wirklich Hervorgewachsene zunächst eine indifferente Masse, gleichsam ein Material für Künftiges sei. Noch mehr aber wird der übliche Begriff der Regeneration umgewandelt, wenn wir die Proeesse bei uns überdenken, welche nun zur Ausgestaltung der Anlage führen: das sind nämlich ganz vorwiegend reine Differenzirungsproecsse. Durch sie wird aus der Anlage das Fehlende in seiner heterogenen Specifität hergestellt; meist ist es nach Ablauf derselben noch nicht von normaler Größe, es hängt wie ein Anhängsel am Körper an, aber es ist relativ fertig; absolut fertig macht es dann ein allgemeines Wachsthum, zu dem sich noch Vorgänge gesellen können, die erst später erörtert werden sollen.

Fragen wir uns nun nach der Besonderheit der Ausgestaltungsvorgänge, so können wir nur ahnen; wissen thun wir absolut nichts: es möchte aber ein ergiebiges Feld hier vorliegen, um sowohl Lokalisationsgeschehnisse der von mir eruirten vitalen Art [17], als auch von außen wirkendes, echt formatives Geschehen in großer Mannigfaltigkeit festzustellen, wobei mit »außen« natürlich nicht, oder doch nur zum kleinsten Theil, das umgebende Medium gemeint ist. Denken könnte man hier zumal daran, dass etwa unter dem formativen Einfluss, und daher im Anschluss an die specifischen vorhandenen Gewebs- und Organelemente, die Ausdifferenzirung der Anlage vor sich gehen möchte, und dass aus der Beobachtung einer Differenzirung »im Anschluss an« Etwas sehr häufig, im Glauben an die Allgeltung des Satzes »Gleiches aus Gleichem«, auf ein »Entstehen aus« demselben fälschlich geschlossen worden sei. Wo von dem zu restituirenden Organ gar nichts belassen war, kann natürlich auch ein solches sich nicht im Anschluss an bestehendes Gleiches, sondern nur durch Verwendung anderer Differenzirungsmittel ausgestalten. —

Wir haben also bis jetzt erkannt, dass dem Satze »Gleiches aus Gleichem« eine wahrhaft tiefe Bedeutung nicht zukommen kann, da es sich bei der Regeneration ja eben um die Bildung von dem Bestehenden typisch Ungleichem handelt, dass er nur in sehr allgemeiner Bedeutung und auch da nur in wenigen Fällen richtig ist, wir haben ferner erkannt, dass die Neubildung des specifischen Fehlenden in zwei Phasen vor sich geht, von denen die erste, die

Anlagebildung, vorwiegend durch Zelltheilungs-, die zweite, die Ausgestaltung, dagegen vorwiegend durch Differenzirungsphänomene charakterisirt ist, welchen zwei Phasen sich meist, da die erste derselben nicht gleich die nöthige Größe des Fehlenden lieferte, eine dritte, die des allgemeinen Wachsthums und oft noch Weiteres, später zu Erörterndes anschließt[1]).

Im Übrigen vermochten unsere bisherigen Betrachtungen eigentlich nur Probleme aufzustellen, aber nicht gesichertes Thatsachenmaterial oder gar gesicherte Allgemeinergebnisse mitzutheilen. Die Regenerationslehre ist nämlich der einzige auch vor bewusster Begründung der rationellen Morphologie gepflegte Zweig experimenteller Formenkunde; er wurde stets als eine Art Appendix zur deskriptiven Morphologie betrieben. Diese Herkunft merkt man der Regenerationslehre noch heute an: ihr fehlt die freie, unbefangene Begriffsbildung und Fragestellung, die wir zum Beispiel in der eigentlichen Entwickelungsphysiologie finden; daher trotz so vieler Arbeiten wenig wirkliche, d. h. rationelle Resultate: man »fragt« Dinge, die »wir« nicht, wenigstens so nicht, fragen würden, z. B. ob die Regeneration eine »Wiederholung« der Ontogenese sei, um von Schlimmerem abzusehen, bei dem wir überhaupt nicht einsehen, warum man fragt. Wo man aber hätte fragen sollen, da that man es bisher mit ganz vereinzelten Ausnahmen nicht. —

Neue Fragen werden uns nunmehr zu einer noch weiter gehenden Analyse des Regenerationsverlaufs führen.

γ. Die Beendigung der Regeneration; ihre Etappen. — Unexaktheiten.

Das ganze von einer Operation ausgelöste Restitutionsgetriebe, in dem Regenerationsprocesse eine Rolle spielen, ist erst beendet, wenn sein Resultat wegen seines »normalen« Aussehens gar nicht mehr als Restituirtes kenntlich ist. Aber dann haben auch schon andere Restituirungsvorgänge als bloß regenerative an seiner Produktion Antheil gehabt, die wir aus begrifflichen Gründen gesondert erörtern werden.

1) Von Wagner unterscheidet, ohne auf meine Grundunterscheidung von Anlage und Ausgestaltung einzugehen, in zutreffender Weise vier Phasen der regenerativen Restituirung, indem er den drei von mir unterschiedenen als vierte, resp. erste, die Wundheilung voranstellt.

Es ist natürlich unsere erste Phase, die Anlagebildung, mit Wachsthumsphänomenen beschränkter Art verbunden, wie, von der Furchung abgesehen, fast jede Zelltheilung.

Hier fragen wir: was hat die eigentliche in Anlagebildung und Ausgestaltung bestehende Regeneration geliefert, wenn sie beendet ist, und wann ist sie beendet?

Die Antwort auf den zweiten Theil der Frage erscheint ohne Weiteres gegeben: Regeneration ist fertig, wenn Alles da ist, was fehlt, möchte man antworten. Aber das wäre wohl wenig erschöpfend und wohl auch nicht ganz richtig, denn oft hört die Regeneration auf, ohne dass alles Fehlende wiedergebildet ist.

Wir dürften zu einer besseren Antwort auf unsere Doppelfrage gelangen, wenn wir uns einmal gerade an jene Fälle unvollständiger Regeneration halten und uns fragen, ob sich hinsichtlich des Fehlenden eine Regel aufstellen lasse.

Herbst [34] hat bei der später noch unter anderem Gesichtspunkt zu besprechenden heteromorphen Antennenbildung bei Crustaceen die Bemerkung gemacht, dass die Antennen nach den successiven Häutungen der Thiere immer mehr normalen Antennen gleich werden, anfänglich aber sind sie nur einem Theil normaler Antennen gleich, und zwar stets dem distalen. Hier geht also die Regeneration in den Häutungen entsprechenden Etappen vor sich, und zwar schreitet die regenerative Ausgestaltung proximalwärts vor; sie beginnt mit dem distalen Ende des zu Regenerirenden, was übrigens auch der Fall ist, wenn, echt regenerativ, ein Auge das entnommene Auge restituirt.

Solcher Befund ist wohl ungefähr das Gegentheil dessen, was man sich bisher, etwa nach Weismann'schen Anschauungen, unter Regeneration dachte. Er wäre von noch größerer, ja vielleicht sehr großer Bedeutung für unsere ganze Auffassung der Regenerationscausalität, wenn er nicht vereinzelt dastände.

Er steht nun nicht vereinzelt da.

Tornier [87] hat jüngst darauf hingewiesen, dass bei der Regeneration der Amphibienbeine die Skelettelemente streng proximalwärts angelegt werden: zuerst die Zehen, dann die Tarsen, mit deren Bildung sogar oft, trotz viel weiter gegangener Amputation, die Regeneration beendet ist, und so fort[1]). Damit

1) Zwar muss hier bemerkt werden, dass die Angaben Goette's [26] diesen Satz nicht gerade sehr klar demonstriren. Es war aber bei ihnen, die vorwiegend zu vergleichenden und phylogenetischen Zwecken angestellt wurden, gar nicht besonders auf diesen Punkt geachtet worden. Erneute Untersuchungen sind hier dringend geboten.

gewinnt der Satz des distal beginnenden Regenerationsverlaufs erhöhte Bedeutung [1]).

Ihn sind eine Anzahl weiterer Fälle unvollkommener Regeneration zu stützen geeignet: das Vorderende eines Regenwurmstumpfes regenerirt oft »unexakt«, d. h. weniger Elemente als entnommen wurden, immer aber regenerirt es die vordersten Segmente, zu allererst Kopf und Gehirn, dann »schiebt« es eventuell weitere Segmente »ein«. Die »Unexaktheit« der Regeneration ist hier also nur ein Zeichen ihres frühzeitigen Aufhörens; daraus, dass dieses zugleich sehr unregelmäßig eintritt, ergiebt sich wohl zum Theil die große Abweichung der von verschiedenen Forschern über Lumbricus gemachten Angaben [s. Morgan 51, Hescheler 37, Korschelt 41] [2]).

Von Blatta orientalis ist bekannt, dass sie an Stelle des normalen fünfgliedrigen einen viergliedrigen Tarsus regenerirt: hier wäre auch eine etwa eingetretene frühzeitige Sistirung der Regeneration zu vermuthen; der Defekt findet sich nach den vorliegenden Mittheilungen jedenfalls im proximalen, nicht im distalen Theil [vgl. Bateson 7, pag. 416].

Nehmen wir also, obwohl wir uns nicht verhehlen, dass hier ein umfassendes Experimentiren in höchstem Maße Desiderat ist, den Satz der distal beginnenden, proximalwärts fortschreitenden, regenerativen Ausgestaltung einmal als provisorisch genügend gestützt an: was folgt dann aus ihm hinsichtlich der Beendigung der Regeneration. Wodurch wird sie beendet?

Wir werden das am besten, wenigstens hypothetisch, begreifen können, wenn wir zunächst, neben jener Verlaufsrichtung der Regeneration, noch eine andere Thatsache von allgemeiner Bedeutung aus dem mitgetheilten Einzelmaterial herausschälen: ich meine den Umstand, dass die Regeneration in Etappen, in einzelnen

---

1) Nach Carrière [9] scheint es, als wenn auch die Regeneration bei Mollusken unseren Satz stütze, indem, nach Exstirpation des Auges sammt seinem Träger, das Auge selbst als erstes restituirt erscheint.

Bei Anterias sollte auf dieses Problem geachtet werden. Nach King [40] bildet sich der Augenfleck der Arme sehr früh. Etwa zuerst?

Dass bei Cerianthus nach Loeb [44] an Transversaleinschnitten stets, also als »Erstes« Tentakel entstehen, gehört wohl auch hierher: sie sind vom Fehlenden das am meisten Distale.

2) Morgan [52a] weist auf die Möglichkeit hin, dass die von Korschelt beobachteten vielsegmentigen Regenerate des Vorderendes heteromorphe Schwänze gewesen sein möchten. Neue Versuche sind hier vor weiterer theoretischer Verwerthung nothwendig.

Absätzen, verlaufen kann. Bei den Crustaceen, wo jede neue Häutung dem Regenerat etwas beifügt, ist das besonders deutlich, aber alle Fälle unvollkommener Regeneration lehren im Grunde dasselbe: Unvollkommenheit besteht hier eben, weil gewisse Etappen fehlen. Es ist das nicht so zu verstehen, als ob etwa das, was wir »Ausgestaltung« des Regenerats genannt haben, auf zu früher Stufe stehen geblieben wäre, die Sachlage ist vielmehr die, dass jede Etappe für sich allein aus »Anlagebildung« und »Ausgestaltung« besteht. Jede Etappe ist von den übrigen hinsichtlich ihrer Eigenausbildung unabhängig; in einer Etappe kann noch die Ausgestaltung im Gange sein, wenn für die nächste schon die Anlage gebildet wird und so fort. Jetzt erst werden wir durch unseren Etappenbegriff dem thatsächlich beobachteten Ineinandergreifen von Anlage und Ausgestaltung bei Regenerationen völlig gerecht. Jetzt auch wissen wir, was eigentlich vom distalen Ende proximalwärts fortschreitet: die Inscenirung der einzelnen Etappen ist es, nicht die Ausgestaltung des Regenerats, als ein Process betrachtet. —

Fragen wir uns nach diesen Erörterungen wieder: was beendet die Regeneration?

Wenn die Regeneration distal beginnt und in Etappen proximalwärts vorschreitet, so wird ein Zeitpunkt kommen, in welchem solche Gebilde an die Reihe der Ausbildung kommen sollten, welche gar nicht entnommen sind, welche da sind, welche als distalste an das Regenerat angrenzen.

Dieser Moment der Erreichung des Vorhandenen im proximalwärts gerichteten, etappenmäßigen Fortschreiten der regenerativen Ausbildung scheint mir nun die Sistirung der Regeneration nicht nur deskriptiv, sondern als wesentlich causales Element in sich zu tragen. Wenigstens darf, scheint mir, auf Grund des soeben vorgebrachten Thatsachenmaterials hypothetisch eine aktive Beendigung der Regeneration seitens des Stammorganismus behauptet werden.

Die gesammte Sachlage wäre bei dieser Auffassung folgende: Geschieht, wie etwa bei der Regeneration einfacher Organe oder Gewebe, die Wiederherstellung in nur einer Etappe, so liegen zwar gewisse Probleme vor, die später zur Erörterung kommen sollen, doch wird unser hier diskutirtes Problem durch sie nicht berührt; die Trennung einer Anlagen- und einer Ausgestaltungsphase erschöpft die Sachlage. In den meisten Fällen ist das aber nicht der Fall,

meist geschieht die Regeneration in Etappen, und dann haben wir wohl Folgendes anzunehmen: »Jeder Querschnitt des sich regenerirenden Organismus oder Organismustheiles ist gleichermaßen fähig, eine feste, bestimmte Anzahl von regenerativen »Etappen«, deren Gesammtheit den Gesammtorganismus, resp. Gesammttheil darstellen würde, in fester Reihenfolge zu produciren; er beginnt allemal mit der distalen Etappe und schreitet mit der Neuanlage von Etappen so lange fort, bis diejenige Etappe an die Reihe kommen würde, welche er selbst repräsentirt.

Es wäre bei dieser Auffassung der Sachlage im Beginn des regelmäßigen Processes also gar nicht das Regenerat in seiner ganz scharf umschriebenen Specifität vorgesehen; das Ende der Regeneration würde nach ihr den typischen Charakter eines Effekts erhalten, verursacht von dem die Regeneration benöthigenden Organismus aus, in einer Weise, die uns bezüglich ihrer eigentlichen Causalität zur Zeit noch entgeht.

Ich glaube, es ist nicht zu leugnen, dass uns damit die Regeneration in einem viel natürlicheren Lichte, viel zugänglicher erscheint als früher, wo sie als durchaus unanalysirter Komplex vor uns stand.

Was bei dieser Auffassung der Dinge »Unexaktheiten« der Regeration, wenn sie im Fehlen gewisser Theile bestehen, zu bedeuten haben, ist oben schon gesagt: sie weisen auf eine Beendigung der Regeneration auf zu früher Etappe hin. Bei Anneliden z. B. ist die Hirnneubildung die erste Etappe der Regeneration, die Bildung jedes Segments ist eine weitere Etappe für sich; Unexaktheit bezüglich eines »Zu-Wenig« heißt hier Beendigung auf zu früher Etappe, nach Bildung von zu wenig Segmenten. Für das Tritonenbein, den Seesternarm etc. würde bei weiterem Studium des Sachverhaltes wohl ganz Entsprechendes gelten. Die zu früh geschehende Beendigung des Proeesses ihrerseits mag in einer allgemeinen dynamischen Schwäche des Organismus ihren Grund haben: es wäre zu prüfen, ob etwa Individuen, die vor Eintritt der Regeneration sehr gut ernährt waren, »exakter« regeneriren, als schlecht ernährte Individuen. Die in einem »Zu-Wenig« bestehende »Unexaktheit wäre« bei dieser Art der Auffassung eigentlich gar nicht eine solche, sondern wäre eben ein rein quantitativer Mangel, ein Mangel an Anlagematerial. Der Einwand aber, dass sich die Ausgestaltungsfaktoren mit dem vorhandenen Anlagematerial hätten einrichten sollen, wie das z. B. bei Bruchtheilen des Blastomerenmaterials der Fall ist, dass sie Alles, wennschon

vorläufig verkleinert, hätten schaffen sollen, wird bei unserer Auffassung ohne Weiteres dadurch hinfällig, dass wir die Regeneration ja gar nicht als einen einheitlichen, sondern als eine Reihe von in Etappen verlaufenden Vorgängen betrachten. Hinsichtlich jeder einzelnen Etappe wird dieses »Sich-Einrichten« vielleicht der Fall sein [vgl. oben pag. 50].

Wer aber an unseren letzten Ausführungen Anstoß nimmt und etwa sagt, wir hätten dadurch, dass wir Anlagebildung und Ausgestaltung in gewissen Fällen in einander greifen lassen, nämlich durch unseren Etappenbegriff, eigentlich jene beiden Begriffe wieder aufgehoben, dem erwidern wir, dass solches durchaus nicht der Fall ist. Thatsächlich beginnt jede einzelne Etappe des regenerativen Proeesses mit der Hervorsprossung eines zunächst indifferent erscheinenden Zellenhaufens, und an jeder einzelnen Etappe tritt darauf die Ausgestaltung in Kraft. Wenn Anlagebildung und Ausgestaltung »in einander greifen«, so heißt das eben nur, dass die Regeneration nicht als ein einmaliges, sondern als eine Folge von in sich einheitlichen Proeessen, kurz: in Etappen verläuft; für jede einzelne dieser sind Anlage und Ausgestaltung wohl zu trennen. —

Keine nur durch zu früh geschehene Beendigung vorgetäuschte, sondern eine wirkliche Unexaktheit der Regulation liegt vor, wenn nicht zu wenig, sondern zu viel regenerirt wird. Dieses ist z. B. der Fall bei der Bildung überzähliger Zehen bei der Regeneration des Amphibienbeines, wie sie von Tornier [82, 84] und Barfurth [5] beobachtet wurde und später noch in anderem Zusammenhang kurz zur Sprache kommen wird. Barfurth hat dieses Phänomen beobachtet, wenn er die Wunde durch Brennen etc. künstlich komplicirt machte, auch Tornier spricht von besonders großen Wunden (Fehlen aller Tarsalknochen etc.) als seiner Vorbedingung: operirte er z. B. das Bein derart, dass er den ganzen Mittelfuß mit den drei Mittelzehen herausschnitt, so bemerkte er, wie erste und fünfte Zehe weit aus einander klafften und fast einen gestreckten Winkel bilden[1]: an solchen Wunden kam es oft zur Superregeneration[2]; man könnte hier zu der Vermuthung kommen, dass die Wunde in den Barfurth-Tornier'schen

---

1) Wohl mit Recht setzt das Tornier auf Rechnung »übertriebener Abduktorenwirkung«, da die Adduktoren zerstört waren.

2) In einem Falle allerdings bildete sich eine Zehe zu wenig; in einem zweiten anfangs auch, doch trat hier nachträglich Vervollständigung der normalen Zahl ein.

Fällen künstlich »zu groß« gemacht worden sei, dass sie größer gewesen sei als einem normalen Querschnitt an der betreffenden Körperstelle entspricht; daher denn die Superregeneration.

Dass Pachydactylus und andere Geckonen oftmals zu viele und zu große Schwanzschuppen regeneriren, schiebt Tornier [85] auf die während des Regenerationsprocesses erhöhte Blutzufuhr, die aber wohl schwerlich für ein wirkliches Verständnis der Sachlage genügt.

In diesem Falle, wie auch in dem von Davenport für Obelia beschriebenen Verhalten, dass nämlich dieser Hydroide an den Stielen neugebildeter Hydranthen oft mehr Ringe producirt, als nöthig wären, liegen nun allerdings insofern keine besonders typischen Unexaktheiten der Regeneration vor, als es sich in beiden Fällen um meristische Organe, die stark in ihrer Anzahl variiren, handelt: ein kleines Mehr oder Weniger des Anlagequantums mag hier für die späteren numerischen Verhältnisse entscheidend sein, wobei es, wenn wir gewisse Fälle, die zwar keine echten Regenerationen, aber doch Restitutionen sind (Tubularia [22]), im Auge haben, immerhin seltsam ist, dass das normale numerische Verhältnis überschritten wird[1]).

Wir konstatiren somit allgemein, dass Unexaktheit der Regeneration nach Seite eines Mangels wohl in Zusammenhang mit unserer theils thatsächlichen, theils hypothetischen Einsicht in den Regenerationsverlauf verständlich ist, dass dagegen regenerative Unexaktheit in Hinsicht eines Zuviel in nur wenig Fällen und nur meristische Organe betreffend konstatirt ist.

δ. *Zusammenfassung.*

Sollen wir zum Schluss unsere Gesammtauffassung des thierischen Regenerationsverlaufs begrifflich kurz kennzeichnen, so können wir dieses sagen: analytisch gewonnen sind an ihr die Begriffe der »Anlage«, »Ausgestaltung« und »Etappe«; beobachtet ist das proximalwärts gerichtete, distal beginnende Fortschreiten der Regeneration, hypothetisch ist die Annahme, dass die Regeneration aktiv beendet werde, welche Annahme mit jener anderen zusammenhängt, dass nämlich jeder Querschnitt eines sich regenerirenden Gebildes potentiell die Gesammtheit aller Etappen in fester Reihenfolge bilden könne. Wer an Stelle dieser Hypothese die andere setzen will,

1) Ich denke hier an die Tentakelreparation der Tubularia: es werden stets »zu wenig« Tentakeln reparativ gebildet.

dass jeder dieser Querschnitte etwas Anderes, nämlich allemal das bis zu ihm hin Fehlende in typischer Specifität zu bilden vermöge, dem können wir solche Annahme nicht wehren. Nur bemerken wir, dass dadurch der Regulationsverlauf weniger als bei der unserigen analysirt erscheint, dass diese Hypothese dem thatsächlich beobachteten etappenmäßigen Verlauf der Regeneration keine Rechnung trägt und für Unexaktheiten hinsichtlich eines unvollständigen Regenerats keinen Grund weiß.

Man hat wiederholt die Regeneration mit der Krystallisation verglichen [Pflüger 67, Morgan 55]; dieser Vergleich wird bei unserer Auffassung der Sachlage natürlich durchaus hinfällig. Doch scheint mir das nicht gerade ein Nachtheil unserer Theorie zu sein, denn alle Analogien zwischen Regeneration und Krystallisation sind desshalb vollständig vage, weil Krystalle in jedem ihrer Raumdifferentiale gleichartig, Organismen aber gerade durchgängig verschiedenartig gestaltet sind.

Wir sehen naturgemäß in unserer ganzen »analytischen Theorie der Regeneration« nicht mehr als den Versuch einer Verarbeitung bisher recht zusammenhangloser Thatsachen und außerdem ein Arbeitsprogramm. Andere »Theorien« in diesem Sinne mögen so berechtigt sein wie die unseren. So verdient vielleicht der von meinem Freund Herbst geäußerte Gedanke Beachtung: es möchte immer das Wichtigste des Regenerats zuerst entstehen, das Distalste sei aber meist das Wichtigste —, daher unser Befund, daher auch seine Unsicherheit.

ε. *Bedingungen der Regeneration.*

Kurze Andeutungen mögen hier genügen:

Der Satz, dass Embryonen besser reagiren als Erwachsene, stimmt mitunter, z. B. beim Frosch, mitunter aber auch nicht, z. B. beim Seestern.

Sichergestellt ist die Unabhängigkeit der Regeneration von gleichzeitiger Ernährung und die Abhängigkeit ihrer Geschwindigkeit von der Temperatur und, in sehr wenig durchsichtiger Weise, von der Jahreszeit.

Über die Abhängigkeit der Regeneration vom Nervensystem wird unten eingehender zu handeln sein; von der Anwesenheit der Genitalien ist sie nach Tornier [82] unabhängig. Protistenbruchstücke

»regeneriren« nur, falls sie den Kern oder einen Theil von ihm besitzen.

In Transplantationsversuchen erwies sich das regenerative Vermögen der Partner durchaus wechselseitig unbeeinflusst: jede Theilhälfte eines Pfropfobjektes regenerirt sich in ihrer Specifität (Morgan [53]).

Ein Regenerat hat das Vermögen weiterer Regeneration in sich (Spallanzani [20], von Wagner — Lumbriculus [93]; eigene Versuche an Aktinien und marinen Anneliden etc.).

ζ. *Auslösung der Regeneration.*

Der Gedanke liegt nahe, dass die Wundfläche an und für sich es sei, das freie Endigen vorher nicht freier Theile, also eine Widerstandsaufhebung, welche die Regeneration in Gang setze. Dem Einwand, dass damit der specifische Umfang des Regenerationsgeschehens, die Thatsache, dass eben gerade das Fehlende und nur dieses ersetzt werde, keine Erklärung finde, könnte man entgegenhalten, dass die Beantwortung dieser Frage weniger der Behandlung des Problems der Auslösung, der Ingangsetzung, als vielmehr desjenigen der Beendigung der Regeneration zufalle, von dem oben gehandelt worden ist.

Es liegen nun in der That Erscheinungen vor, welche dem Gedanken, dass die Setzung von freien Wundflächen die Regenerationsprocesse auslöse, bis zu einem gewissen Grade annehmbar erscheinen lassen: ich denke hier an gewisse Fälle von abnormen Regenerationen.

Nach Tornier[1]) [83] und Barfurth [6] »regenerirte« sich bei

1) Auf Grund gewisser Vermittelungen Tornier's scheint mir auch ein Phänomen verständlich zu werden, das Bateson [7] als »secondary symmetry« bezeichnet hat. Der Thatbestand ist dieser: Gliedmaßen von Insekten, die im Übrigen normal sind, tragen oft an einem bestimmten Punkte einen Anhang, der alles von diesem Punkte distalwärts Gelegene wieder aufweist, und zwar doppelt und als Ganzes in sich symmetrisch. Tornier beobachtete Gleiches an Gliedmaßen, die Spuren von Verwundung aufwiesen: er nimmt an, dass zwei sehr nahe bei einander gelegene Wundflächen vorhanden gewesen seien, deren jede überzählig regenerirt habe (trotz Vorhandenseins des Regenerirten). Oft ist der basale Theil einer »secondary symmetry« verwachsen; in diesem Falle wird eine besondere Nähe der zwei Wunden angenommen. Sie lagen wohl so nahe, dass ihre Produkte bei Ausgestaltung der dickeren proximalen Theile sich eben berührten, während die feineren distalen noch isolirt blieben.

Übrigens ein gutes Beispiel für das distale Beginnen der regenerativen Ausgestaltung (s. o.).

Eidechsen und Amhpibien ein zweiter Schwanz, wenn das Achsenskelett verletzt wurde, obwohl der ursprüngliche Schwanz gar nicht entfernt ward, sondern weiter lebte und wuchs. Nach KING [40] kann Asterias einen oder zwei überschüssige Arme bilden, wenn die Scheibe zwischen zwei Armen eingeschnitten wird. Nach LOEB bildet Ciona Ocellen und Siphonen trotz Vorhandensein der normalen, überall wo ihr Mantel angeschnitten worden ist [44]. Die Bildung überzähliger Zehen, also auch eine Zuviel-Regeneration wurde, wie schon in anderem Zusammenhang erwähnt (pag. 57), von BARFURTH [5] und TORNIER [82, 84] an Amphibien beobachtet, denen bei der Beinexstirpation absichtlich komplicirte Wunden (mit zwei Centren — BARFURTH; Entfernung der Tarsalknochen — TORNIER) beigebracht waren.

Der letztgenannte Fall[1]) ist wohl mehr ein Beleg der oben erörterten »Unexaktheit« der Regeneration, die erstgenannten aber scheinen deutlich darauf hinzuweisen, dass nicht das Fehlen von etwas, sondern eben das Vorhandensein einer Wundfläche an und für sich Regeneration hervorruft. Man könnte auch hier nochmals jene Beobachtung von FRAISSE heranziehen, dass im Amphibienbein Knochen nur regenerirt wird, wenn wirklich Knochen verletzt war, wenn diesem Fall nicht durch die oben diskutirten Fälle von wahrer Neubildung von als solche nicht mehr vorhandenen Geweben die allgemeine Bedeutung entzogen wäre.

Bei Planaria hängt es nach den übereinstimmenden Forschungen von VAN DUYNE [23], MORGAN [57], BARDEEN [2] u. A. ebenfalls durchaus nur von einer »vorn« gesetzten Wundfläche ab, dass ein Kopf auf regenerativem Wege entsteht: so viel Partialwundflächen, so viel Köpfe[2]). Gerade hier scheint der Gedanke, in der Wundfläche das unmittelbare auslösende Moment zu sehen, sehr nahe zu liegen.

Was mich gleichwohl abhält, den Satz von der Auslösung der Regeneration durch die Wundfläche für erschöpfend zu halten,

---

1) Erwähnt sei hier auch die Regeneration mehrerer Manubrien an Stelle von einem, welche HARTLAUB bei Sarsia beobachtete.

2) Näheres über Komplikationen dieser Sachlage ist in den Originalarbeiten zu ersehen. Was BARDEEN über einen eventuellen Einfluss der Darmtheile auf die specifische Ausgestaltung der Regenerate (vorn, hinten, seitlich, Pharynx) angiebt, erscheint mir sehr problematisch und käme schließlich doch auf einen gegebenen Gegensatz zwischen vorn und hinten, also auf »Polarität« hinaus.

ist der Umstand, dass notorisch in so vielen Fällen, zumal bei Pflanzen, aber auch z. B. bei der Wiederbildung der Linse, Restitutionsvorgänge ausgelöst werden können, die gar nicht von einer Wundfläche ausgehen. Durch diese Fälle erscheint in tieferem Sinne die Wundfläche als solche, erscheint sogar das eigentliche Kriterium der echten »Regeneration«, das Geschehen von einer Wundfläche aus, als unwesentlich. Das »Nichtmehrvorhandensein« eines gewissen Organs oder Organkomplexes erscheint vielmehr als das, was auslöst, was bei dieser besonderen Art der Restitution, die wir »Regeneration« nennen, nun gerade an der Wundfläche auslöst.

Wir werden später, wenn wir von den Vermittelungen der Regulation allgemein reden, des Näheren über die hier vorliegenden Probleme zu handeln haben. Hier mag nur bemerkt sein, dass wir bei Zulassung der zuletzt formulirten Annahme über die Auslösung der Regeneration, dass sie nämlich durch das Fehlen, das »Nichtmehr«-Vorhandensein von Etwas ausgelöst werde, die von Tornier, Barfurth und King studirten Fälle atypischer Regeneration, verursacht bloß durch Setzung einer Wundfläche, so zu deuten hätten, dass wir annehmen, es sei eben durch diese Schaffung der Discontinuität zugleich die Kommunikation zwischen den Theilen des Organismus gestört worden: der überzählig regenerirte Theil sei eben für den Rest, auf Grund von Unzulänglichkeiten der Vermittelung, wie ein »nicht mehr vorhandener« gewesen.

Natürlich ist das hypothetisch, aber was ist das auf diesem Gebiete nicht? Nur auf Grund von Hypothesen kommen wir hier überhaupt weiter. Wenn die mitgetheilten zu neuen Versuchen anregen, ist ihr Zweck erfüllt.

Wie zwingend die Auslösung der Regeneration in jedem Falle ist, das mag endlich noch durch das von Barfurth ermittelte Faktum illustrirt sein, dass Froschlarven ihren Schwanz noch unmittelbar vor der Verwandlung regeneriren — müssen.

η. *Die Richtung des Regenerats.*

Von Barfurth [3] ist zuerst für Froschlarven konstatirt worden, dass nach schiefer Schnittfläche auch das Regenerat schief zur Gesammtkörperachse gelegen ist, indem es auf der Wundfläche senkrecht steht. Entsprechendes wurde später von Morgan [51] und Hescheler [37] am Regenwurm, von King [40] an Asterias gefunden.

Auch fügen sich in Fällen, wo echte Regenerations-, d. h. Sprossungs- oder Wachsthumsvorgänge nur in bescheidenem Maße eingreifen, diese der Regel, so bei Tubularia nach meinen [15] von F. Peebles [64] im Wesentlichen bestätigten Ergebnissen[1]), so bei Planaria nach Morgan [52, 57] und Bardeen [2].

Man hat im Allgemeinen nicht viel mehr als die Thatsache festgestellt und, wie später zu erörtern sein wird, gesehen, dass sich das Regenerat früher oder später bezüglich seiner Richtung mit dem Stammorganismus in Harmonie setzt.

Die einzige vorliegende Arbeit, auf Grund deren ein tieferes Eindringen in diese Phänomene versucht werden kann, ist eine kurze Notiz von Morgan [58] über die Regeneration der Schwanzflosse bei Fischen. Doch wird uns ein richtiges Verständnis der ganzen hier obwaltenden Sachlage erst möglich sein, wenn wir uns Vorgängen zugewandt haben werden, die gar nicht mehr im strengen Sinne »regenerativ« sind. So mag denn hier von den Morgan-schen Ermittellungen zunächst nur die eine erwähnt sein, dass er ein anfängliches Senkrechtstehen der neu gebildeten Flossenstrahlen auf den ursprünglichen beobachtete, und dass er diese Thatsache in folgender Weise deutet: die zunächst gebildete Regenerationsmasse (unsere »Anlage«) ist in den beobachteten Fällen stets, auch bei schiefem Schnitt, symmetrisch zu der vorhandenen Wundfläche vertheilt, nun gehen aber die ersten echten Differenzirungen (»Ausgestaltung«) in ihr entsprechend ihrer Symmetrie vor: daher müssen, wenn, bei schiefem Schnitt, die Anlage, eben wegen ihrer Symmetrie zur Wundfläche, zum Stammkörper unsymmetrisch gelegen war, auch alle Differenzirungen an ihr zur Wundfläche symmetrisch, zum Stammkörper aber asymmetrisch orientirt

---

1) Ich sah bei Tubularia in dem schiefen Auswachsen des reparirten Hydranthen bei schiefer Wundfläche eine Folge davon, dass, wie die Tentakelkränze, so auch die proximal von diesen gelegene Streckungszone, die durch Wachsen den Hydranthen heraustreibt, schief, d. h. zur Wundfläche parallel, angelegt sei. F. Peebles hat dagegen kürzlich geltend gemacht, dass die schiefe Anlage der Tentakelkränze nicht immer erfolge, während das schiefe Herauswachsen des Hydranthen, senkrecht zur Wundfläche, stets erfolge: sie meint, letzteres Phänomen »may be due to contact«; es soll also wohl ein Ausdruck der Thatsache sein, dass Tubulariaköpfchen sich senkrecht zur Oberfläche fester Körper zu stellen streben (negativer Stereotropismus). Nachdem Morgan [59] neuerdings diese Anschauung durch einige Versuche noch des Weiteren gestützt hat, sehe ich mich veranlasst, meine frühere Ansicht aufzugeben.

sein, was der Fall ist. Das Gesagte ist weniger Erklärung als analytische Betrachtung; es wird als Basis für spätere Betrachtungen dienen.

9. *Die Heteromorphose.*

Das Wort Heteromorphose ist von Loeb [49] geschaffen worden: es bedeutet die regenerative Entstehung eines für den Ort, wo es sich bildet, ungehörigen Körpertheils. Nun wandte Loeb seinen Begriff an auf Erscheinungen, bei denen man in Zweifel sein könnte, ob sich überhaupt die Schaffung eines besonders analytischen Begriffs rechtfertigen lasse, nämlich auf Restituirungsvorgänge an Hydroidpolypen. Denn es handelte sich hier bei den sogenannten heteromorphen Bildungen lediglich um eine »Umkehrung der Polarität«, die meist (Antennularia u. a.) eine Folge der in künstlich verkehrter Richtung inducirenden Gravitation war.

Zudem sind die in Rede stehenden Wesen, ganz so wie etwa die Alge Bryopsis, an der Winkler [95] die »Polarität« durch Lichteinwirkung »umkehren« konnte, Organismen ohne Abschluss der typischen Form; sie sind durch unbegrenztes oder wenigstens in sehr weiten Grenzen begrenztes Weiterwachsen charakterisirt. Da scheint es mir denn besser, anstatt von »Heteromorphosen«, vom Nichtvorhandensein einer Polarität und von den bezüglichen Bildungen als von Bary- oder Photomorphosen zu reden; wobei es sogar recht gleichgültig ist, ob Neubildungen als bloßes Weiterwachsen oder als Ersatz auftraten, da es sich hier auch im letzteren Falle nicht um eigentlich adventives oder regeneratives Geschehen, sondern um bloßes Weiterwachsen handelte.

Einen wirklich tiefen Inhalt erhielt der Begriff der Heteromorphose erst durch die Ermittelungen von Herbst. Ehe wir aber auf diese eingehen, seien einige Fakten einfacherer Art erwähnt.

Morgan [52a] gelang es, an den Hinterenden ziemlich weit hinten durchschnittener Regenwürmer eine Heteromorphose derart hervorzurufen, dass sie einen Schwanz statt eines Kopfes regenerirten, damit eine Angabe Spallanzani's [80] bestätigend. Seiner Schülerin Hazen [31] gelang das Gegenstück mittels eines gut ausgedachten Versuches: sie pfropfte auf die Wunde eines Hinterendes ein beliebiges Körperstück des Regenwurmes, mit zwei Wundflächen, in umgekehrter Richtung: war dieses Stück recht klein, so bildete es an der Vorderfläche des Gesammten, die aber seine Hinterfläche war, an der es also einen Schwanz hätte bilden sollen, in seltenen Fällen einen

Kopf. Die Möglichkeit der Umdrehung der Polarität nach beiden Richtungen ist damit zum mindesten für den Regenwurm bewiesen und wird dieses auch durch einen dem HAZEN'schen durchaus entsprechenden Versuch von F. PEEBLES für Hydra [64]. Nun ist freilich Lumbricus ein typisch meristisches, auf weite Strecken hin gleichartig organisirtes Thier, und gehört Hydra zu einer Thiergruppe, in der sich die »Polarität« meist mit viel geringerer Mühe aufheben lässt (Tubularia); viel mehr als die an sich zur Zeit recht dunklen, allgemeinen Thatsachen der Existenz der Polarität und der Möglichkeit ihrer Umkehrung, lernen wir also aus diesen Versuchen nicht.

Gewisse Fälle atypischer Regeneration sind von ihren Beschreibern als »Atavismen« gedeutet worden. Schon der Name erweckt hier Misstrauen, denn er deutet an, welchem Gedankenkreise die bezüglichen Mittheilungen entstammen: man wird sich fragen müssen, ob etwa frühzeitige Sistirung[1]) der Regeneration hier vorläge, oder eine allgemeine Unexaktheit etc.

In dem typischen Fall einer echten Heteromorphose, den HERBST [34] zur Kenntnis brachte, liegt zur Zeit das einzige ganz einwandfreie Beispiel für diesen Begriff vor; zugleich gewährt dieses Beispiel uns die Einsicht in einen ganz wesentlichen formativen Umstand, der Restitutionsvorgänge beherrschen kann: HERBST konstatirte an den verschiedensten Vertretern der lang- und kurzschwänzigen Crustaceen, dass sie ihr Auge regeneriren, wenn ihnen nur dieses genommen wurde, dass sie dagegen eine Antenne bilden, wenn zugleich das Augenganglion, welches bei den langschwänzigen Krustern im Augenstiel gelegen ist, mit entfernt ward.

Hier sehen wir die Specifität des Regenerats vom Nervensystem abhängig. Damit ist eine ganz wesentliche Bedingung eruirt, von der jedenfalls der regenerative Verlauf abhängig sein kann. In welchem Umfang die Ermittelung gilt, muss zunächst dahingestellt bleiben; weitere Heteromorphosen bei Crustaceen sind nämlich trotz eifrigen Bemühens seitens HERBST's und PRZIBRAM's [68] nur in sehr geringem Umfang[2]) ermittelt worden.

1) Dabei wäre es denn denkbar, dass etwa die vollständige Regeneration, in Wiederholung des ontogenetischen Verlaufs, normaler Weise mit Rückbildung gewisser Theile hätte endigen sollen: durch Unterbleiben dieser könnte dann wohl leicht einmal »Atavismus« vorgetäuscht werden. Vgl. übrigens HERBST [34], der alle diese Fälle erledigt hat; auch TORNIER [85] wendet sich gegen den behaupteten »Atavismus« bei der Schuppenbildung an regenerirten Amphibienschwänzen.

2) Wenn, nach PRZIBRAM, bei Alpheus an Stelle der großen »Schnalzschere«

Um das über den Einfluss des Nervensystems Ermittelte vermuthungsweise zu erweitern, mag hier bemerkt sein, dass nach KING [40] bei Asterias zwar die Armunterseite die Oberseite neu bildet, aber nicht umgekehrt: in der Unterseite des Asteridenarmes aber verläuft der Armnerv[1]). Wenn nach R. MONTI's [50] Befunden Theile von Polycladen, welche eines der Ganglien des Kopfes besaßen, sich schneller regenerirten als andere, so mag da auch ein wahrer Kausalzusammenhang vorliegen.

Andererseits hindert nach CARRIÈRE [9] Exstirpation des Fühlerganglions die Wiederbildung des Auges bei Mollusken nicht[2]).

Sonach erscheint das Problem der Abhängigkeit der Regeneration vom Nervensystem zur Zeit im Ganzen noch nicht als spruchreif[3]).

Wir beschließen mit dieser Erörterung der Heteromorphose und der aus ihr sich ergebenden Schlussfolgerungen die Besprechung der Regeneration und damit der Restitutionen durch Konstruktion[4]) überhaupt, um uns zuzuwenden den

3. Restitutionen durch Wachsthum und Verlagerung.

An erster Stelle wollen wir hier jener schon angedeuteten Vorkommnisse gedenken, welche im Anschluss an jede wahre Regeneration

---

die anders gestaltete, kleinere »Zwickschere« regenerirt wird (wobei gleichzeitig eine kompensatorische Umwandlung der vorhandenen Zwickschere zur Schnalzschere erfolgt s. pag. 42), so kann das kaum Heteromorphose heißen; das Umgekehrte ist übrigens nicht der Fall. — Die an Stelle von Maxillarfüßen regenerirten Schreitbeine scheinen stets nur ein Durchgangsstadium darzustellen und normalen Definitivbildungen Platz zu machen.

1) Auch PRZIBRAM führt das Faktum, dass bei Crinoiden wohl der Kelch die Scheibe, aber nicht die Scheibe den Kelch regeneriren kann, obwohl sie doch regenerative Potenzen überhaupt besitzt und z. B. die Afterpapille zu restituiren vermag, darauf zurück, dass das Nervensystem sich im Kelche findet.

2) Wenn in CARRIÈRE's Versuchen nach Entnahme des ganzen Vordertheils sammt Schlundkopf, Oberschlundganglion etc. keine Neubildung eintrat, so beweist dieser Befund natürlich gar nichts. Die allgemeine Schädigung war hier zu groß, sie führte rasch zum Tod.

3) Nach KIRBY's Angaben (Beitr. z. path. Anat. 11. 1892) restituiren Muskeln des Kaninchens an ihnen angebrachte Wunden auch dann, wenn der zugehörige Nerv (Ischiadicus) durchschnitten und degenerirt ist. Es handelt sich hier ja aber nur um eine Regeneration des Gewebes in sich. Übrigens konnte KIRBY, was mit dem Gesagten zusammenhängt, an den vom Nerven getrennten Muskeln »wochenlang« noch keine Degenerationserscheinungen beobachten.

4) Auf die sogenannte »Postgeneration« gehe ich ihres sehr problematischen Charakters wegen hier nicht ein.

verlaufen und meist ihr beigezählt werden: derjenigen Wachsthumsphänomene, welche ein normales Regenerat auf seine endgültige Form bringen. So schließt sich denn dieser Abschnitt im Anfang eng an den vorigen an, obschon strenge Begriffsanalyse zwingt, ihn von ihm zu sondern, und die zunächst in ihm zu erörternden Vorgänge in logischen Zusammenhang mit Dingen zu setzen, die mit Regeneration weder begrifflich, noch zeitlich und örtlich etwas zu thun haben.

Von reinen Wachsthumsvorgängen oder von Verlagerungsvorgängen, welche formregulirend sind, soll dieser ganze Abschnitt handeln.

Beginnen wir also mit den an verlaufene Regenerationen sich anschließenden Wachsthumsphänomenen:

Da der regenerative Ausgestaltungsprocess, mag er, in sehr einfachen Fällen, nur in einer, oder mag er in vielen, sich jeweils aus Anlagebildung und Differenzirung zusammensetzenden Etappen verlaufen, fast stets ein zwar typisch fertiges, aber hinsichtlich des Stammorganismus stark verkleinertes Gebilde schafft, so haben nach Beendigung aller im eigentlichen Sinne regenerativen Phänomene Wachsthumsprocesse einzugreifen, um jenes Gebilde auf die richtige Größe zu bringen, was denn auch geschieht. Da erfahrungsgemäß die endliche Konfiguration des Regenerats meist in jeder Hinsicht normal ist, während am Ende der Ausgestaltung engeren Sinnes das Regenerat oftmals eine Form aufweist, die nicht gerade in jeder Dimensionseinzelheit die proportional verkleinerte Kopie des Normalen ist, so ist den erwähnten Wachsthumsprocessen mit Nothwendigkeit ein ausgleichender, regulativer Charakter zuzusprechen, obschon im Einzelnen die Sachlage leider bisher nie genau untersucht wurde. So wissen wir denn auch nicht, ob diese letzte Phase der regenerativen Restitution rein in Volumvergrößerungen schon vorhandener Zellen besteht, oder ob auch noch Zellvermehrungen mit eingreifen. Wie dem auch sei: die regulative Volumvergrößerung ist jetzt jedenfalls das Wesentlichste, ebenso wie in der ersten, der Anlagephase, die Lieferung einer zur Differenzirung bereiten Zellenzahl das Wesentliche war, und bei letzterer auf der damit nothwendiger Weise verbundenen Volumzunahme ein geringerer Nachdruck lag.

Natürlich haben wir bei allen diesen Betrachtungen vorwiegend jene wohl häufigste Art regenerativer Neubildung im Auge, bei der wirklich vielerlei Verschiedenes, ein komplicirtes Organ, sich in

Etappen neu bildet, aber auch bei sehr einfachen, aus nur einer Etappe bestehenden oder wohl gar nach dem Typus »Gleiches aus Gleichem« verlaufenden Regenerationen tritt in dem ausgleichenden Wachsthum am Ende des Gesammtvorganges ein Problem für sich auf, mag hier, wie früher (pag. 55) hervorgehoben, die Beendigung der regenerativen Processe engeren Sinnes auch keine besonders problematische Rolle gespielt haben, da es sich um eine zu sistirende Etappenfolge eben nicht handelte. —

Jene Wachsthumsregulationen, welche jede regenerative Neubildung nothwendig abschließen, treten nun durchaus als selbständige Vorgänge hervor, wenn der ganz »normale« Ablauf der Regeneration in irgend welcher Weise gestört oder unmöglich gemacht war. Wir erwähnten oben, dass bei schiefer Wundfläche das Regenerat dem Stammkörper anfänglich schief aufsitzt, senkrecht mit seiner Achse auf der Wundfläche stehend. Diese Störung der Richtungsharmonie wird nun früher oder später ausgeglichen, und die hierher gehörigen Fälle sind es, die wir als erste typische Beispiele von Restituirungen durch Wachsthum näher in Erwägung ziehen wollen.

Von Barfurth [3] rührt die erste Beobachtung dieser Art (am Froschlarvenschwanz) und auch schon der erste Versuch einer Erklärung her: durch die Ausübung der Funktion beim Schwimmen, also durch »funktionelle Anpassung«, dachte er sich, würden die Gewebe des Schwanzes in einer derartigen Weise beeinflusst, dass schließlich durch stärkeres Wachsthum der einen, durch theilweises Zurücktreten der anderen die normale Orientirung des Organs resultire. Ein Versuch, diese Vermuthung experimentell zu prüfen, dadurch, dass er einen Theil der Objekte am Schwimmen, also an der Funktionsausübung, verhinderte, ließ aber den Experimentator seine Erklärung von vorn herein einschränken: auch unter den Nichtschwimmern regulirten manche Objekte ihre Richtungsdisharmonie, und so sah sich denn Barfurth gezwungen, neben der »funktionellen Anpassung« einen regulativen Faktor unbekannter Art am Werk sein zu lassen, womit der Einführung der funktionellen Anpassung an dieser Stelle natürlich eine wirkliche Bedeutung nahezu ganz genommen ward.

Erst Morgan [58] war es kürzlich, der es wieder versuchte, zu einer Erklärung der Wachsthumsregulationen[1]) an typisch und atypisch

---

1) Wenn Tornier [87] neuerdings gegen Barfurth meint, von »Regulationen« sei hier gar keine Rede, es läge eben nur stärkeres Wachsthum zuerst

gerichteten Regeneraten beizusteuern, und gewisse neue Ermittelungen dieses Forschers sind wohl in der That geeignet, uns einen etwas tieferen Blick in das Spiel derselben thun zu lassen.

Wir knüpfen an oben erwähnte Ermittelungen des amerikanischen Forschers an:

Die Form der regenerativen Anlage, geschaffen durch das mit der Lieferung der Ersatzzellen nothwendig verbundene Waehsthum, ist anfangs stets symmetrisch zur Wundfläche, auch wenn diese schief zur Körperaehse liegt; da sich nun wieder die Ausgestaltung der Anlage symmetrisch zur Anlageform vollzieht, so ist mit Nothwendigkeit das ausgestaltete Regenerat anfangs senkrecht zur Wundfläche, also schief zur Körperachse, orientirt (s. o. pag. 63).

Der Ausgleich der Disharmonie der Richtung zwischen Regenerat und Stamm vollzieht sich nun durch Wachsen, und MORGAN fragte sich, ob er dieses Wachsen mit regulirendem Effekt aus allgemeineren Gesichtspunkten begreifen könne. Bei Fundulus ist der Schwanz nach hinten konvex gestaltet, bei Stenopus und Decapterus ist er dagegen ein Gabelschwanz: MORGAN konstatirte nun, dass, nach Amputation des Schwanzes senkrecht zur Körperachse, die Form der Neuanlage während der ersten Tage zwar bei allen drei Species gleich gestaltet war, dass während dieser Zeit ihre Endfläche der Schnittfläche parallel war; dann aber zeigten sich bemerkenswerthe Differenzen: bei Fundulus wuchs die Mitte der Anlage entschieden stärker als die Seiten, so bereits die definitive Endlinie des Schwanzes andeutend; bei den zwei anderen Species dagegen wuchs die Anlage oben und unten am stärksten, und sie erhielten früh eine Gabelform der Schwanzanlage. Es stand also die regulative Waehsthumsvertheilung in unmittelbarer Beziehung zur typischen definitiven Form; die Intensität des Waehsthums war dem Bedürfnis proportional.

Bei schief angelegter Wundfläche konstatirte nun MORGAN an Fundulus, dass, nach Verlauf jener ersten der Anlagebildung und allerersten Ausgestaltung gewidmeten Tage, die regulativen Waehsthumsprocesse stärker am proximalen Theil der Wunde ansetzten als am distalen, ein Kontrollversuch ergab, dass dieses Faktum nicht etwa der Ausdruck dessen sei, dass weiter proximal amputirte

---

an der einen, dann an der anderen Seite vor, so beruht das auf völliger Verkennung der Begriffe: gerade in dem Wachsen zeigt sich ja die Regulation, weil das Wachsen zu normalen Verhältnissen führt, ist es regulatorisch.

Schwänze sich rascher als weiter distal abgeschnittene regeneriren möchten, und so lag denn diese Folgerung nahe: auch bei schief gelegter Wundfläche setzen die der Anlage- und Ausgestaltungsperiode folgenden, besser gesagt, in sie hineingreifenden regulativen Wachsthumsvorgänge dort am stärksten ein, wo ihre Effekte am nothwendigsten sind, das ist aber, in Rücksicht auf die harmonische Form des zukünftigen Ganzen am proximalen Ende einer schiefen Wundfläche der Fall.

Nun ist es aber gerade diese soeben geschilderte Wachsthumsvertheilung an schiefen Wundflächen, welche den Richtungsausgleich von Regenerat und Stamm zum nothwendigen Effekt hat: die Wachsthumsvorgänge, welche schiefe Regenerate in ihrer Richtung sekundär reguliren, sind also durch die erste Versuchsserie Morgan's als Ausfluss eines über den Umfang der hier gerade vorliegenden Sachlage hinausreichenden Phänomens erkannt worden, nämlich jener allgemeinen Thatsache, dass die Intensität der im Gefolge von Regenerationen statthabenden Wachsthumsregulationen dem jeweiligen Bedürfnis proportional ist.

Kraft dieses allgemein charakterisirten Geschehens wird bei den Wachsthumsausgleichen an schiefen Regeneraten ein (als Ganzes) asymmetrisches Gebilde durch asymmetrische Wachsthumsvertheilung symmetrisch gemacht.

Für das ausgleichende Wachsthum an dem bei schiefer Wundfläche anfangs schief regenerirten Kopf der Planaria führt Morgan ähnliche Gedankengänge durch; wir übergehen sie, da uns nur am Wesentlichsten liegt, und bemerken nur, dass hier ganz besonders früh schon das regulative Wachsthum einsetzt.

Damit verlassen wir überhaupt die Wachsthumsregulationen im Gefolge von Regeneration, um uns der Betrachtung anderer Wachsthumsphänomene an der eben namhaft gemachten Planaria zuzuwenden, und zwar wollen wir Wachsthumsvorgänge erörtern, die in Verbindung mit regenerativen Processen sich abspielen. Die an Planaria beobachteten Erscheinungen gehören zu den wichtigsten der gesammten Restitutionslehre; hier kommen alle Arten der Restitution: Regeneration, Verlagerung, Rückbildung, Verschmelzung, Umdifferenzirung in Kombination vor. Ein gründliches Studium dieser Verhältnisse an der Hand der Originalarbeiten, zumal derjenigen von Morgan [52, 56, 57] und Bardeen [2], ist für Jeden, der tiefer einzudringen beabsichtigt, unerlässlich.

Um das natürlich Vereinigte nicht allzusehr zu trennen, wollen

wir an diesem Orte alle an der Restitution der Planaria betheiligten Processe kurz schildern und dieselben an den Orten, an die ihre Darstellung jeweils eigentlich gehörte, nur erwähnen.

Echt regenerativ entsteht an Planariabruchstücken[1]) nur das Nervensystem, neue Darmtheile, der eigentliche Kopf, das hinterste Ende des Körpers (der Schwanz) und etwa fehlende Seitentheile: in den drei letztgenannten Fällen folgen einander die Sprossung eines Anlagegewebes und echte differenzirende Ausgestaltung [Morgan, Bardeen u. A.], in den zwei ersten Fällen sind die intimeren Vorgänge noch unsicher.

Undifferenzirung, mit einigen Sprossungsprocessen verbunden, führt zur Neubildung des Pharynx und bewirkt es ferner, dass die unmittelbar an eine Wunde grenzenden Körperzellen sich zu Schleimzellen umgestalten, bis sie vom Epithel überwuchert sind [Bardeen].

Versehmelzung eines Bezirkes der beiden ursprünglichen rücklaufenden Darmhauptäste führt bei Stücken aus der hinteren Körperregion zur Bildung des neuen vorderen Darmastes [Bardeen].

Wird ein kleines, den ursprünglichen Pharynx enthaltendes Mittelstück des Körpers zum Ausgang der Restitution gewählt, so wird dieser »zu große« Pharynx total rückgebildet und durch einen neuen ersetzt [Bardeen].

Wachsthums- und Verlagerungsrestitutionen, die uns recht eigentlich in diesem Abschnitt angehen, zeigen sich in zwei Fällen: In kleinen Stücken kann ein zufällig axial liegender Darmseitenast zum Hauptdarm werden, wobei eine (mit Sprossungen verbundene) Umlagerung des übrigen Restes vom Darmsystem verknüpft ist [Bardeen].

Ganz besonders eigenartig und von ihrem Entdecker Morgan mit dem Worte »Morpholaxis« bezeichnet (zum Unterschied von Regeneration), sind aber diejenigen Formänderungsvorgänge an der ganzen Körpermasse des restituirenden Stückes, welche schließlich dazu führen, dass ein kleiner Wurm typischer Proportionalität entsteht.

Was hier vor sich geht, ist durch ein typisches Beispiel leicht geschildert: es sei eine Planaria, deren Körper normaler Weise etwa fünfmal so lang wie breit ist, durch Quersehnitte in eine Anzahl

1) Nach den Untersuchungen von R. Monti [50] findet dagegen die Restitution der marinen Polycladen ganz vorwiegend als echte Regeneration statt.

Theile zerlegt worden, und von diesen werde ein beliebiger Theil beobachtet, der etwa fünfmal so breit wie, in Hinsicht der ursprünglichen Achse, lang ist: aus diesem Stück formt sich ohne die Möglichkeit neuer Nahrungsaufnahme, wie gesagt, unter nur geringer Betheiligung von Sprossungsvorgängen, aber unter Wahrung der alten Hauptachse ein sehr kleiner, ganzer Wurm, der die relativen Proportionen des ursprünglichen besitzt, der also etwa fünfmal so lang wie breit ist, dessen absolute Breite aber etwa den absoluten Betrag der Länge des ursprünglichen Bruchstücks aufweist, dessen absolute Länge etwa dem absoluten Betrage der Breite desselben entspricht.

Freilich haben da außer den erwähnten geringfügigen Sprossungsvorgängen auch, wie erörtert, Umdifferenzirungen, Verschmelzungen etc. stattgefunden, aber was ganz vorwiegend stattfand, was für die Wiederherstellung der proportionalen Form das Allerwichtigste war, das waren Regulationen des Wachsthums. Es ist in der That, um schon einmal von mir Gesagtes [17] zu wiederholen, als würde zuerst die ideale Form des neuen kleinen Wurmes gebildet und dann das alte Material in dieselbe gegossen. —

Doch brauchen wir uns nicht an die allerseltsamsten Formen derselben zu halten, um einzusehen, dass Restitutionen durch Wachsthum im Thierreich häufig vorkommen: bei der gewöhnlichen Wundheilung erfolgt notorisch die erste Bedeckung der Wunde durch Lageänderungen der schon präexistirenden Nachbarzellen ohne Betheiligung von Zelltheilung; mag das eine Regulation durch Zellbewegung nennen, wem es beliebt, auf alle Fälle sind Änderungen der Lage der Theile, wie beim Wachsen, dem Process wesentlich. Ob nur die Elasticität der Gewebe oder noch etwas Anderes, mehr Aktives an ihm Theil hat, kann kaum zur Zeit entschieden werden.

Bei Medusen regeneriren sich in echter Weise wohl nur der Rüssel und (nach eigenen Beobachtungen) die Tentakel; zerschneidet man eine Meduse in der Achse in zwei Hälften, so findet keine echte Regeneration, auch, wie es bis jetzt scheint, keine Umdifferenzirung, dagegen eine gewisse Art Formrestitution durch Verlagerung statt [Hargitt 29, Morgan 54, eigene Beobachtungen]: schon nach einem Tage hat sich der Halbring, wenn wir so sagen dürfen, zum Ganzring geschlossen: Rand, Velum und Rüssel bilden wieder je ein zusammenhängendes Gebilde, und so ist durch diese Umlagerungsregulation wenigstens äußerlich ein verkleinertes Ganzes entstanden.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse, wenn isolirte Blastomeren

sich zu ganzen kleinen Larven entwickeln, wenigstens sind hier, wie oft von mir aus einander gesetzt ward, Umlagerungen als Beginn des durch die Störung gesetzten Geschehens, als einzige wirkliche Regulation in allem Folgenden anzunehmen: denn aus einem der intimen Organisation nach Halben könnte nichts der großen Organisation nach Ganzes entstehen. Damit ist schon gesagt, dass es sich um Restitution einer intimen Organisation in diesen Fällen handelt, einer Organisation, die wir zwar nicht sehen, die wir aber als einfache Richtungsausbildung nothwendig annehmen müssen: denn äußere Faktoren sind bei der Differenzirung thierischer Keime notorisch nicht richtungsbestimmend; ganz ohne Richtung aber kann nichts typisch Gerichtetes geschehen. Im Übrigen mag man frühere Darlegungen von mir nachlesen [13, 20] [1]).

Die letzterörterten Formrestitutionen geschehen mehr durch Umlagerung, als durch wahres Wachsthum: der Doppeltitel unseres Kapitels giebt uns das Recht, sie gleichwohl echten Wachsthumsrestitutionen an die Seite zu stellen.

Bei Hydra liegen nach den Befunden namentlich von Rand eine Reihe seltsamer Wachsthumsregulationen, kombinirt mit echt regenerativer Sprossung (Tentakel) und vielen anderen Restitutionsphänomenen, von denen später gehandelt werden soll, vor: wird die Gesammtheit der Tentakel mit dem ihnen unmittelbar anliegenden Hypostomtheil isolirt, so trennen Wachsthumsprocesse zunächst die Tentakel in zwei Gruppen, von denen nur eine als solche erhalten bleibt, während die zweite anderen regulativen Processen unterliegt (s. u. [69]). Verpfropfte Knospen trennen sich von ihrem Wirth, indem sie, nach Einheilung, gleichsam am Stamm herunterrutschen [70]. Bei der später zu schildernden Umwandlung eines Tentakels zu Leibessubstanz würde ein sehr wesentlicher Umlagerungsvorgang dann stattfinden, wenn es sich bestätigen sollte, dass das Entoderm in den Tentakel gleichsam hineinkriecht [Peebles 63].

Ein dem soeben hypothetisch mitgetheilten ähnlicher Regulationsvorgang ist jüngst in einer wichtigen kleinen Studie von Ritter und Congdon [77] mitgetheilt worden: Exemplare von Stenostoma, welche

1) Boveri's neueste Ermittelung einer sichtbaren Schichtung des Echinideneies (Sitz.-Ber. phys.-med. Ges. Würzburg 34. 1901), die mit meinen jüngsten Experimenten (Arch. Entw.-Mech. 10. 1900) gut harmonirte, macht meines Erachtens die Annahme einer noch unsichtbaren, regulirbaren Intimstruktur durchaus nicht überflüssig; wir können ohne letztere die Ganz-Entwickelung isolirter $^1/_2$- und $^1/_4$-Blastomeren nicht verstehen.

gerade in Theilung eintraten, wurden vor der bereits sichtbaren natürlichen Theilungsebene künstlich zerschnitten. Der Versuch sollte entscheiden, ob dem vor jener Ebene gelegenen Zusatzstück, das eigentlich den Schwanz eines Individuums hätte bilden sollen, künstlich die Bildung eines Kopfes aufgezwungen werden könne; zur Zeit des Versuches waren an jeder Seite die Anlagen von Hirn und Wimpergrübchen bereits deutlich sichtbar, auch war die trennende Einschnürung schon als seichte Furche vorhanden. Es ergab sich nun, von Anderem abgesehen, als bemerkenswerthestes Resultat eine Wanderung der Hirnanlagen von ihren ursprünglichen Orten, an die sie nicht mehr passten, in den neu zugesetzten Vordertheil, wo sie unter den künstlich gesetzten Umständen benöthigt wurden. Sonach liegt ein besonders typischer Fall reiner Umlagerungsregulation in den Ergebnissen Ritter-Congdon's vor.

Wir beschließen diesen Abschnitt mit einem Ausblick auf eine vielleicht vorhandene regulatorische Wachsthumsrestituirung seltsamer Art: ich denke an jenes »Ineinandergreifen von normaler Gastrulation und Lithiumentwickelung«, welches Herbst [33] gelegentlich seiner Arbeiten über die formativen Wirkungen der Salze auf die Entwickelung der Seeigel erwähnt hat. Typische »Lithiumlarven« können unter gewissen Umständen den Ansatz eines richtigen Darmes bekommen, und dieser Darm kann sich sekundär auf Kosten der »Urdarm«blase der Lithiumform verlängern; Näheres braucht hier nicht mitgetheilt zu werden, da, wer hier weitergehen will, doch die Originalarbeiten studiren muss, und nur als Anregung zum Weitergehen ist dieser Absatz geschrieben. Sollen wir in dem geschilderten Verhalten eine Tendenz des Organismus erblicken, die typische Plutensform mit regulatorischen Mitteln wieder herzustellen? Herbst selbst neigte zu dieser Auffassung anfangs mehr als später. Vielleicht könnten auch regulatorische Degenerationen, wie sie noch zur Sprache kommen werden, hier mit eingreifen. Auf alle Fälle würden Restituirungsregulationen der seltsamsten Art vorliegen, wenn hier wirklich der Organismus die Erreichung des normalen Entwickelungsresultates, trotz ihm aufgezwungener atypischer Wege, durchsetzte.

4. Implicite Formrestitutionen.

Ich habe das, was ich hier erwähnen will, früher »primäre Regulationen« genannt und es dadurch charakterisirt, dass es geschähe mit den auch der normalen Ontogenese eigenen Mitteln [14, 20]. Das

Wort »implicit« drückte aber das Wesentliche noch besser aus: Das Geschehen ist an und für sich regulativ, eben darum kann es unter einer beliebigen Anzahl von Bedingungen einer gewissen Art vor sich gehen.

Wir werden später sehen, dass der Begriff des Impliciten bei Regulationen sich nicht nur auf Formregulationen bezieht.

Die Sachlage, die ich im Sinne habe, liegt vor, wenn isolirte Blastomeren, oder durchgeschnittene Blastulae, oder Gastrulae sich gleichwohl typisch, nur verkleinert, entwickeln; auch wenn das derangirte Mesenchym der Echiniden doch an seine richtigen Orte kommt.

Wirklich aktive Regulation ist in den ersten Fällen nur jene Substanzumlagerung, von der unlängst gesprochen ward, alles Andere geschieht »normal«.

Aber eben das normale Geschehen bei der »Differenzirung harmonisch-äquipotentieller Systeme«, um die es sich hier handelt, geht, wie ich eingehend darzulegen versucht habe [17], mit Faktoren vor sich, deren Haupteharakter die unbegrenzte Abhängigkeit ihrer sich lokalisirend äußernden Intensität von einer absoluten Bedingung des jeweiligen Geschehens (der Keimesgröße) ist. Damit sind diese Faktoren an und für sich regulatorisch: implicit-regulatorisch.

Der Begriff des Implicit-Regulatorischen wird, dünkt mich, besonders klar durch einen sehr einfachen Fall: ein der Plasmolyse unterworfener Zellkörper bildet, wenn er leben bleibt, um sich eine neue Cellulosehülle; das ist ganz gewiss kein für diesen Zweck besonders in Aktivität gesetzter Restitutionsvorgang: Cellulose wird ja permanent an der Peripherie ausgeschieden: gleichwohl stellt er in diesem besonderen Falle eine Regulation dar: er ist implicit-regulatorisch, und ganz Entsprechendes gilt, wenn sich »Plasmahaut«, im Sinne Pfeffer's, stets an Oberflächen der Protoplaste, also dort, wo sie nöthig ist, bildet, mag es sich schon hier[1]) mehr um Änderung der physiologischen als der morphologischen Beschaffenheit handeln [66, pag. 92 f.].

Im Übrigen will ich mich nicht wiederholen[2]), sondern nur nochmals

---

1, Vgl. auch Rhumbler's Theorie der physikalischen Vermittelung von Protoplasmabewegungen, bei der es sich um fortwährende Umwandlungen von Haut- in Körpersubstanz und umgekehrt handelt [74].

2, Hierher auch die impliciten Regulationen der äußeren Form bei Echinodermenlarven [14].

bemerken (vgl. pag. 49—50), dass wohl auch bei der Ausgestaltung regenerativer Anlagen implicit-regulatorische Faktoren im Spiel sein dürften, die hier freilich, da es sich um die Ausgestaltung von atypisch Entstandenem handelt, im Dienst explicit-regulatorischen Geschehens stehen. (Bewiesen wäre das Gesagte, wenn eine Regulationsanlage nach beliebiger Massenentnahme sich doch normal, nur verkleinert, ausgestaltete.)

Ein implicater Regulationsvorgang etwas anderer Art scheint mir vorzuliegen, wenn der aus einer isolirten Blastomere gezogene Ctenophorenkeim sich allseitig mit Ektodermzellen umgiebt; gewiss ist das eine Mehrleistung, gleichwohl sehe ich in ihm keine aktive Regulation. Denn im Normalen wird höchstwahrscheinlich die Theilung der Ektodermzellen durch den erreichten gegenseitigen Kontakt sistirt: bei der isolirten $^1/_2$-Blastomere tritt eben dieser Kontakt erst ein, wenn seitens des kleinen Keimes eine relative Mehrleistung vollbracht ist: das, was ich »Beendigung morphogener Elementarprocesse« genannt habe, wäre in diesem Fall implicit-regulatorisch [20, pag. 831].

Es sei nun als Übergang zu folgenden Betrachtungen darauf hingewiesen, dass wir praktisch rein implicit-regulatorische »Differenzirungen« von wahren »Umdifferenzirungen« nicht immer streng trennen können, dass wir bisweilen vielleicht diese fälschlich für jene, jene für diese halten.

So halte ich den von mir eingehend, auch quantitativ [18], studirten Ersatz des Hydranthen bei Tubularia, den ich, um ihn von Regenerationen zu scheiden, Reparation genannt habe, für einen reinen »Differenzirungsvorgang«, mag er gleich als regulatorischer, wahrer Ersatz für das entnommene Köpfchen eintreten. Die Operation giebt nämlich nur die Gelegenheit und die Örtlichkeit für einen sich auch sonst physiologisch abspielenden Vorgang ab, und dieser selbst geschieht, wie mir namentlich sein quantitatives Studium in Aufdeckung der steten Proportionalität zwischen Stammgröße und Arcallänge der Hydranthenanlage ergab, auf eine Weise, die zwar äußerst regulatorisch ist, aber diese Regulatorik durchaus in den Faktoren trägt, kraft deren sie geschieht. Dass dabei nun außerdem histologische Ausprägung vom Einfacheren zum Komplicirteren statt hat, ist gar nicht einmal ein so zwingender Grund dafür, hier nicht von »Um«differenzirung zu reden, da das damit angewandte Kriterium des Entscheids über »Umdifferenzirung« oder

»Differenzirung« praktisch oft versagen dürfte: in irgend einer Weise specificirt, also auch differenzirt ist nämlich jede im Leben des Individuums auftretende Zelle, und insofern ist, rein äußerlich betrachtet, auch die deutlich ontogenetische Differenzirung zugleich ein Umbilden; die Begriffe »höher« oder »niedriger« differenzirt sind aber doch meist gar zu schwankend und zu sehr gleichsam dem Geschmack preisgeben, als dass sie für grundlegende Beurtheilungen allein verwandt werden könnten.

Bei gewissen botanischen Vorgängen, die, unvoreingenommen betrachtet, einen entschieden regulatorischen Restitutionscharakter zeigen, scheint es freilich, als hätten wir überhaupt kein anderes Kriterium in der Deutung des Geschehens als Umdifferenzirung oder als einfache Ausgestaltung wie den Differenzirungsgrad der Gebilde, an dem es sich abspielt; wobei freilich mit dem Worte »Differenzirungsgrad« ein etwas deutlicherer Begriff als derjenige »höherer« oder »niederer« sichtbarer histologischer Ausprägung gerade in diesen Fällen unschwer verbunden werden kann.

Die botanischen Fälle, welche uns diese Betrachtungen abgenöthigt haben, sind, neben anderen, folgende: wird bei Vicia Faba der Hauptspross entfernt, so werden gewisse Anlagen, die sonst Stipulae (Nebenblätter) geliefert hätten, zu Laubblättern [G., pag. 153]. Entfernt man bei dem Farn Onoclea den Laubspross, so gestaltet sich eine Anlage, die sonst ein Sporophyll geliefert hätte, zu solchem aus [G., pag. 8]. Bei Prunus spinosa werden Anlagen, die ohne Störungen Dorne geliefert hätten, nach Entfernung des Hauptastes zu Laubsprossen (Vöchting [36, pag. 160]). Entfernt man vor eingetretener Knollenbildung die oberirdischen Sprosse der Kartoffel, so differenziren sich die unterirdischen nicht zu knollentragenden Gebilden, sondern zu Laubsprossen [35, 1. pag. 724].

Es handelt sich, wie man sieht, allemal darum, dass eine deutliche »Anlage« zu etwas Anderem wird, als sie sonst geworden wäre. Nun stellt aber eine Anlage, wie das Wort sagt, jedenfalls einen niederen »Differenzirungsgrad« vor gegenüber dem Fertigen, das sie liefert, und darum nennen wir die geschilderten Vorgänge nicht Umdifferenzirung, sondern trotz des ihnen anhaftenden Restitutionscharakters Differenzirung.

Trotz scheinbarer äußerlicher Abweichung liegen die Verhältnisse hier also doch ähnlich wie bei der Entwickelung isolirter Blastomeren zu ganzen Larven. Auch bei den botanischen Fällen liegt

nämlich im Charakter der die Differenzirung ermöglichenden Faktoren an und für sich ein implicit-regulatorischer Zug. Dabei ist es uns an dieser Stelle ziemlich gleichgültig, was das für Faktoren sind, jedenfalls können sie sich verschiedener vorhandener »Anlagen« zur Bestätigung ihrer Wirkung bedienen. Darin besteht zum einen Theil die implicite Regulatorik. Zum anderen Theil besteht sie in einer gewissen mannigfachen, mindestens zweifachen prospektiven Potenz der Anlage. Man wird sich hierbei dessen erinnern, was oben über die sogenannte »Diehogenie«, die wir ja auch als echte Differenzirung auffassten, gesagt wurde: zumal die Ausgestaltung der Dornanlage fordert dazu heraus: oben waren es Feuchtigkeitsverhältnisse, jetzt sind es Formkonstellationen, welche aus der Anlage Dorn oder Laubspross machen.

Es geschieht also in unseren botanischen Fällen nichts, was nicht auch sonst an Anlagen geschehen wäre, es geschieht nur an anderen Anlagen wie sonst; an welchen es geschieht, hängt nur von ihrer Lage ab. Darum sind alle diese Fälle Beispiele von (implicit-regulatorischen) Differenzirungen, aber nicht Beispiele von Umdifferenzirung, mögen sie Fällen wahrer Umdifferenzirung sehr oberflächlich betrachtet auch ähnlich sehen.

Es liegt gar kein Umbilden, sondern ein Bilden, zwar ein Andersbilden vor; dieses ist möglich auf Grund der (mehrfaltigen) prospektiven Potenz der Anlage. Man sieht, wie dieser Begriff auch hier wieder die begrifflich klare Erfassung der Sachlage erleichtert.

Im Übrigen werden wir auf die Kriterien für »Differenziren« und »Umdifferenziren« in Bälde zurückkommen.

5. Restitutionen durch Umdifferenzirung.

Wir reden von restituirender Umdifferenzirung, wenn ein entnommener Theil des Organismus dadurch ersetzt wird, dass ein anderer fertiger Theil ganz oder theilweise seine typische Ausprägung ändert. Es mögen Sprossungs- und Waehsthumsvorgänge bei Umdifferenzirungen mit betheiligt sein, also regulatorische Vorgänge der vorstehend studirten Kategorien; sie dürfen nicht prädominiren, sie müssen zurücktreten gegenüber andersartigem Geschehen, wenn von wahren Umdifferenzirungen gesprochen werden soll.

Selbstredend kehrt sich das natürliche Geschehen nicht an unsere säuberlichen Begriffsscheidungen, und so werden wir oftmals allerlei regulative Vorgänge gemischt finden; entbehrlich macht das unsere

Trennungen, die im Interesse der Übersichtlichkeit, der Beherrschbarkeit des Stoffes vorgenommen sind, in keiner Weise[1]).

Sehr groß ist die Zahl der zur Zeit bekannten wahren Umdifferenzirungen, zumal im Gebiet der Thiermorphologie nicht; wenn aber Alles, was heut zu Tage als »Regeneration« bezeichnet ist, einmal wirklich analytisch durchgearbeitet sein wird, wird man vielleicht viele Vorgänge dabei entdecken, die ohne jeden wirklich regenerativen, überhaupt ohne jeden irgendwie konstruktiven Vorgang, rein durch Umbildung von Vorhandenem Ersatzleistungen zu Stande bringen; zumal die sogenannte »Regeneration« vieler Protisten dürfte sich in diesem Sinne zu einer revidirenden Untersuchung empfehlen.

Die behauptete regulatorische Umdifferenzirung der Hypophyse nach Exstirpation der Schilddrüse, zum physiologischen Ersatz der letzteren, erscheint neuerdings derart problematisch, dass wir kein Wort mit ihrer Erörterung verlieren wollen.

Bei der Ausgestaltung kleiner Bruchstücke der Leibessubstanz der Hydra ist es schwer zu sagen, was im Einzelnen Restitution durch Sprossung, durch Wachsthum, durch reine Differenzirung oder durch Umdifferenzirung ist: es kommt wohl Alles kombinirt vor. In der Tentakelbildung wird echte Sprossung vorliegen; ob sie zwar in strengem Sinne regenerativ ist, dürfte um so schwerer zu entscheiden sein, als die Wundfläche durch die gleich anfangs eintretende Verlagerungsregulation der Substanz verborgen wird.

Umdifferenzirungsvorgänge liegen, mehr oder minder deutlich, in gewissen von Wetzel [94], F. Peebles [63] und Rand [69] gemachten Befunden an Hydra vor: Wenn Wetzel einmal beobachtete, dass ein durch umgekehrte Pfropfung erhaltenes tentakelloses Kombinationsgebilde an einem Pol einen Fuß mit typischen Drüsenzellen bildete, an welchem Orte es also eigentlich einen Kopf hätte bilden sollen, so ist in diesem Fall einer »Umkehrung der Polarität« nicht recht klar, ob etwa echte Differenzirung, nach Art des Geschehens an Tubularia, ob Umdifferenzirung wirklich »fertiger« Zellen, oder ob etwa regenerative Sprossung vorliegt: die Feststellung der möglichen Polaritätsumkehr war dem Verfasser die Hauptsache.

1) Wir verwehren es Keinem, wenn er z. B. die Umgestaltung der kleinen Schere in die große, anders gebaute »Schnalz«schere bei Alpheus lieber hier als unter den adventiven Konstruktionsregulationen abgehandelt zu sehen wünscht. Wir behandelten sie dort, weil eine Zusatzbildung das Wesentliche am Processe ist.

Gleiches gilt, wenn F. Peebles durch inverse Aufpfropfung eines sehr kleinen Körperstückes auf ein größeres basales am Fußpolende die Bildung eines Kopfes erzielte. Hier ist der Vorgang echt regenerativ, ganz analog dem Befunde Hazen's am Regenwurm, und wird an dieser Stelle nur nochmals erwähnt, um die Ermittelungen an Hydra in ihrer Gesammtheit darzustellen.

Eine wahre und zugleich sehr seltsame Umdifferenzirung ist dagegen die von F. Peebles schon kurz beobachtete, von Rand eingehender studirte Umwandlung von Tentakeln in Leibessubstanz: Isolirte Rand das oberste Hypostomstück mit sämmtlichen Tentakeln, so formte sich aus ihm eine neue typische Hydra; die seltsamen Wachsthumsphänomene, welche dabei auftraten und die Tentakel in Gruppen sonderten, sind oben schon erwähnt, es traten ferner einige Ersatzsprossungen auf und gewisse Vorgänge, die später zur Erörterung kommen, das Seltsamste war aber dieses, dass einer der durch die Wachsthumsprocesse von den übrigen (als solche verbleibenden) getrennten Tentakeln sich allmählich erweiterte, vergrößerte und schließlich den Körper der neuen Hydra darstellte. F. Peebles spricht von einem Wandern von Hypostomentodermzellen in den Tentakel hinein, doch bedarf diese Behauptung wohl noch näherer Untersuchung. Geben wir sie aber, und damit die Betheiligung einer gewissen Art von Umlagerungsgeschehen an den in Rede stehenden Vorgängen auch zu (vgl. pag. 73), so bleibt doch des Umdifferenzirungsgeschehens, zumal am Ektoderm, genug übrig. Eine eingehende histologische Untersuchung der merkwürdigen Befunde Rand's wäre dringend erwünscht.

Das bei den seltsamen Restitutionen von Planariastücken neben den in geringem Maße betheiligten Sprossungen und den seltsamen Wachsthumsregulationen auch Umdifferenzirungen eine Rolle spielen, ist oben pag. 71 schon erörtert.

Von botanischen Fällen mag zunächst eine Ermittelung Boirivant's [8] erwähnt sein, dass nämlich nach Entblätterung die Struktur der Stengeltheile verändert wird: wurden z. B. bei Robinia sämmtliche Blättchen eines bestimmten Blattstiels entfernt, so erhielt letzterer in seiner Epidermis zahlreichere Spaltöffnungen, sein Assimilationsgewebe wurde dicker auf Kosten der Holz- und Bastelemente etc. Hier liegt ein deutlicher Fall von umdifferenzirender Restitution vor.

Wenn die Angaben Haberlandt's [28] über die Bildung von

»Ersatzhydathoden« bei Laubblättern tropischer Pflanzen unanfechtbar wären, würde hier ein weiteres Beispiel von Umdifferenzirung, wohl mit einigen Ersatzsprossungen verknüpft[1]), vorliegen: die Hydathoden sind kleine Haarbüschel an der Blattoberseite und dienen (vermittels Wasserspalten) zur Wasserausscheidung; wurden diese Organe durch Bepinselung mit Sublimat vergiftet, so traten neue kleine Knötchen über den Gefäßbündeln auf, die sich zu wasserausscheidenden Organen anderer Struktur ausgestalteten. Leider werden diese interessanten Mittheilungen von Küster [43] mit dem Bemerken, dass es sich nur um Callusbildungen handle, bestritten. Weiteres bleibt abzuwarten.

Gesicherter sind gewisse von Sachs [G. pag. 164] an Cucurbita gemachte Befunde: Entfernt man hier alle Sprossvegetationspunkte, so gestalten sich die neben den Laubblattstielen sitzenden Anlagen von Wurzeln, welche schon die typische Wurzelstruktur angedeutet zeigen, zu eigenartigen Körpern um: die Wurzelhaube verschwindet, der Vegetationspunkt wird undeutlich, und der axile Gefäßbündelkranz löst sich in einen, durch Chlorophyllgewebe getrennten Kreis von Gefäßbündeln auf; es resultirt somit durch morphologische Umgestaltung ein sprossartiges Gewebe.

Freilich wird vielleicht manchem Leser unsere Behandlung dieses Falles etwas gar zu summarisch vorgekommen sein und gewisse Bedenken bei ihm wachgerufen haben. Mögen sie durch einen besonderen Abschnitt zerstreut, oder mag ihnen, wenn sie nicht auftraten, vorgebeugt werden.

6. Zur Analyse der Begriffe »Bildung« und »Umbildung«. Komplicirte Fälle.

Es erübrigt uns noch, eine Gruppe von Umdifferenzirungsregulationen zu erörtern: wichtige Ergebnisse Vöchting's [92]. Ehe wir aber dazu schreiten, wird es von Nutzen sein, uns oben gepflogene Betrachtungen über »Differenzirung« und »Umdifferenzirung« ins Gedächtnis zurückzurufen, um in ihrem Verfolg zu einer noch schärferen Fassung dieser beiden Begriffe zu gelangen.

Wir redeten bei Restitutionen von reiner Differenzirung, im Gegensatz zu Umbildung, wenn Faktoren im Spiel waren, welche auch

1) Dieser Fall hätte natürlich auch unter den konstruktiven Adventivis abgehandelt werden können.

nicht regulatorische Ausgestaltung besorgen; zwar vindicirten wir diesen Faktoren dann einen »implicit-regulatorischen« Charakter, aber eine besondere Kategorie von Regulationen bildeten uns solche Fälle nicht (s. o. pag. 74 f.).

Was an Regulatorischem an ihnen vorlag, war eigentlich nur eine Verwendung anderen Materials als im »Normalen« zu einem auf alle Fälle erreichten Resultat: so, wenn isolirte Blastomeren sich, unter anderer Verwendung ihrer Abkömmlinge, doch zu typischen Endgebilden gestalteten, so, wenn Anlagen von Pflanzen, nach Entnahme des lebenswichtigsten Bestandttheils derselben, des assimilirenden, »anders«, nämlich zu seinem Ersatze, verwendet wurden.

Obwohl der eigentliche Zustand des allemal Verwendeten, wegen der Schwierigkeit der Beurtheilung, im Principiellen nicht das Kriterium über Bildung oder Umbildung abgeben sollte, sondern dieses eben in die Charakteristik der differenzirenden Faktoren und in die Potenz verlegt war, musste er es in jenen Fällen doch, in denen wir von dem ganzen Geschehen nichts weiter wussten, als dass die Gebilde, an denen es vor sich ging, »Anlagen« waren, Dinge, von denen bekannt war, dass sich auf alle Fälle Etwas noch aus ihnen gestalten werde.

Es soll nunmehr ganz besonders darauf hingewiesen werden, dass wir mit dem Begriff »Anlage« eine andere Bedeutung als die unbestimmte »embryonal« oder »undifferenzirt« schon oben, ohne es deutlich auszusprechen, verbunden haben und im Folgenden verbinden werden, kurz, wir wollen jetzt den kollektiven Begriff »Anlage« zu einem analytischen Begriff umschaffen.

Wir haben oben bei Erörterung der Regeneration erwähnt, dass auch in den Fällen, wo der Ersatz nach dem Typus »Gleiches aus Gleichem« vor sich ging, dieser Ersatz doch meist von als »indifferent«, »embryonal« etc. bezeichneten Elementen des Gewebes, von dem aus die Neubildung sich in direkter Deseendenz gestaltete, vollzogen wurde.

Warum redeten wir hier, warum bei den aus dem »embryonalen« Cambium der Pflanzen entstehenden Adventivbildungen gleichwohl nicht von bloßer Differenzirung, sondern von aktiver Restitutionsregulation, im Besonderen von Regeneration? Weil jene Zellen, selbst wenn sie das deskriptive Prädikat »embryonal« verdienten, doch im Experimentalfall notorisch etwas leisteten, während sie ohne Formstörung erfahrungsgemäß im Verlauf der Entwickelung nichts geleistet haben würden. Bei den komplicirteren,

mit viel mehr interner Ausgestaltung geschehenden Regenerationen, wie derjenigen des Vorderendes von Lumbriculus nach v. Wagner, ist das natürlich in noch viel höherem Maße der Fall.

Der äußerlich »embryonale« Charakter regenerativer Zellen war also kein Einwurf dagegen, die Regeneration als explicite Regulation (um dieses neue, ohne Weiteres verständliche Wort hier einzuführen), nicht aber als implicit-regulatorischen Vorgang zu bezeichnen.

Derselbe Gesichtspunkt leitet uns nun bei der Beurtheilung von »Umdifferenzirungen«, d. h. von Restitutionen, bei denen Wachsthums- und Theilungsvorgänge zurücktreten oder ganz fehlen. Mag man auch sagen, dass hier in gewissem Sinne das bloße Vorsichgehen des Geschehens an und für sich schon darauf hinweise, dass Zellen, welche Umdifferenzirungen leisten, eben noch »embryonal« gewesen seien, was in gewissem Sinne, wie wir später erörtern werden, sogar zugegeben ist: darin liegt jedenfalls ein großer Unterschied unserer als »Umdifferenzirung« bezeichneten Fälle von Fällen echter (implicit-regulatorischer) Differenzirung, etwa bei Blastomeren, vor, dass wir wissen, dass ohne die gesetzte Störung aus den sich umdifferenzirenden Zellen sicherlich nichts Anderes sich gestaltet hätte, dass jene Zellen »fertig« waren.

Man sieht, der Begriff des »Fertigseins« wird, nachdem er oben schon bloß andeutend benutzt war, jetzt von uns eingeführt geradezu als analytischer Begriff:

»Fertigsein« soll heißen: ohne eintretende Formstörung keinen Folgeprocess mehr an sich geschehen lassend. Alles, was notorisch nicht fertig ist, ist Anlage, ist embryonal im strengen Wortsinne.

Was »embryonal« ist, differenzirt sich, muss sich differenziren.

Was fertig ist, umgestaltet sich oder regenerirt sich, kann sich umdifferenziren oder regeneriren.

Diese Sätze sind reine logische Folgen davon, dass »Embryonales« das genannt wurde, was auf alle Fälle auch ohne jede Störung noch etwas liefert, fertig das, was in gleichem Falle sicherlich nichts liefert.

Über Embryonal- oder Fertigsein entscheidet in jedem Falle nur die positive, deskriptive Erfahrung.

Eine besondere Erörterung verdienen in dieser Übersichtsbetrachtung die gewöhnlich als adventiv bezeichneten Bildungen bei Pflanzen.

Sie gehen stets im Sinne unserer strengen Definition von »fertigen«, d. h. ohne Formstörung nichts mehr leistenden Elementen aus, sind demnach Umdifferenzirungs- und Konstruktionsleistungen in Kombination.

Sie haben aber trotzdem in manchen Fällen, nämlich allemal, wenn sie von der cambialen Zone ausgehen (s. o. pag. 38), nicht allein »embryonal« aussehende Elemente als Ursprungsgrundlage — damit haben wir uns ja abgefunden —, sondern sogar Elemente, welche in gewissem Sinne eben doch nicht ganz »fertig« sind, welche nämlich in Anpassung an Modifikationen des Äußeren eine ganze Menge Dinge leisten können! Ist es doch gerade das Cambium, welches, durch Bildung neuer Faserelemente oder von Sklerenchym, auf Zug oder auf Transspirationserhöhung reagirt. In diesem Sinne redeten wir von seiner Thätigkeit geradezu als von »Differenzirung«.

Wie bleiben wir hier unserem Bestreben nach strenger, logischer Gliederung des Sachverhaltes getreu?

Es ist klar, dass wir entweder die Begriffe unseres von Adaptationen an Äußeres handelnden Abschnittes oder die vorstehenden Darlegungen dieses Kapitels in gewisser Weise modificiren müssen. Ich denke, wenn wir einer der Definitionen dieses Kapitels drei Worte einfügen, erreichen wir, was wir wollen, nämlich begriffliche Klarheit. Wir müssen sagen (vgl. die vorige Seite):

»Fertigsein« soll heißen: ohne eintretende Formstörung keine Folgeprocesse mehr aus inneren Ursachen geschehen lassend. Bei dieser Definition kann ein Organ in unserem Sinne fertig sein und doch noch in beliebiger Mannigfaltigkeit auf äußere Reize adaptiv reagiren. —

Wir beschließen nach diesen Vorbereitungen das Kapitel mit Betrachtung der wichtigen Versuche Vöchting's »über vikariirende Organe am Pflanzenkörper.« Hier in wenigen allgemeinen Zügen der Thatbestand:

Bei der ersten Kategorie der Vöchting'schen Versuche wurden Knollen in den Grundstock der Pflanze eingeschaltet. Diese Knollen entlassen normaler Weise aus sich im Frühjahr an einer Seite einen Spross, der sich bewurzelt, und gehen dann zu Grunde. Im Versuch wurde die Knolle (bei Oxalis crassicaulis, der Kartoffel, Dahlia) auf die Erde gesetzt; sie bewurzelte sich dann unten und entließ oben aus sich einen Spross: so wurde sie ein Theil des funktionirenden Organismus.

Der Erfolg war eine sehr wesentliche Umgestaltung ihrer inneren Struktur: die auch sonst vorhandenen Gefäßbündel wurden umgebener vergrößert, vom Cambium aus wurde aber ein weiterer Gefäßtheil erzeugt mit Gefäßzellarten, Tracheïden, Holzzellen etc., d. h. mit einer Reihe von Elementen, welche die Knolle sonst nie bildet.

In der zweiten Versuchsreihe wurde bei knollenbildenden Pflanzen die Knollenbildung Theilen aufgezwungen, welche sie sonst bei der betreffenden Art nicht leisten: es geschah dies dadurch, dass man abgetrennte Theile der Wurzeln und der Stengel, auch Blätter, von denen sonst nicht die Knollenbildung ausgegangen wäre, isolirt einpflanzte; sie schritten dann in der That — wenn nöthig, nach eingetretener Bewurzelung — zur Knollenbildung. Eine durchgreifende histologische Umgestaltung war die Folge davon; ich gebe hier die wörtliche Schilderung derselben für die Ersatzknolle, welche das Internodium des Laubsprosses von Boussingaultia baselloides gebildet hatte (pag. 45): »Die Bildung der Knolle wird eingeleitet durch Theilung der Markzellen. Es wird ein an Umfang meist rasch zunehmendes Parenchym gebildet, der Bastring zunächst an wenigen, dann an mehreren Orten gesprengt. Durch anhaltende Theilung hauptsächlich der centralen Elemente gelangen die Gefäßbündel, wenn sie schon die inneren Theile des Körpers eingenommen hatten, wieder in peripherische Stellung. Die Cambium-Zellen, die sich bis dahin bloß träge theilten, beginnen nun eine lebhaftere Vermehrung, besonders zwischen den Bündeln. So wird durch die Thätigkeit in erster Linie des Markes, sodann des Cambiums und seiner parenchymatischen Produkte, rasch ein umfangreicher Gewebekörper hervorgebracht. Wie im Marke der Knolle, so entstehen auch in ihm Gefäßbündel, und zwar von derselben Zusammensetzung und demselben Verlaufe, welche dort beobachtet wurden. Das Parenchym selbst gleicht in allen Punkten dem der gewöhnlichen Knolle, war aber in den untersuchten Fällen dichter mit Stärke gefüllt als jenes.«

Der Fall ist typisch für alle. Die Bildung der charakteristischen Speicherzellen ist bei der zweiten Kategorie der Vöchting'schen Versuche stets das Wesentlichste.

Wie sind nun beide Arten der Versuche Vöchting's zu deuten? Was war durch den Versuch geschehen, und was ist als Effekt eingetreten?

Gesetzt war durch den Versuch beide Mal eine organisatorische Störung: im ersten Falle hatte der Experimentator den Organismus

gleichsam gezwungen, selbst den Grund zu Abnormitäten seiner Ausgestaltung zu legen: die Knolle kommt an einen falschen Ort im Ganzen durch das, was sie selbst leistet, nämlich die Wurzelbildung; dass sie damit auch in andere Funktionen gelangt, soll uns an dieser Stelle noch gar nicht einmal viel angehen. Jedenfalls wird durch die Organisationsstörung eine Restitution der Form nöthig, und sie geschieht.

Im zweiten Falle war etwas genommen, von dem normaler Weise eine spätere typische Bildung (die Knolle) ausgegangen wäre, nämlich die normaler Weise knollenbildenden Theile, gelassen war ganz oder theilweise das Übrige. Die Organisation war also deutlich gestört, auch hier tritt Restitution ein.

Bis hierhin ist Alles klar. Die Schwierigkeiten der Auslegung beginnen erst, wenn wir die intime Art der Restitutionsleistung in Erwägung ziehen: dieselbe geht nämlich stets von Mark- und Cambiumzellen aus, also von Elementen, die zu den »embryonal« genannten gehören. Was geschieht, ist theilweise Umgestaltung, theilweise sprossende Vermehrung dieser Elemente.

Ist das nun eine Kombination von Umdifferenzirung und echt regulativer (man könnte sagen: adventiv-histologischer) Sprossung, oder ist es reine Differenzirung implicit-regulatorischen Charakters, oder ist es etwas Anderes, Neues?

Es muss uns hier unser neuer analytischer Begriff des »Fertigseins« helfen: »fertig« ist, was ohne Störung aus inneren Ursachen nichts mehr leistet. Jene Zellen nun, welche in der ersten Kategorie der Vöchting'schen Versuche in Betracht kommen, leisteten sicherlich ohne Störung nie etwas mehr, in der zweiten ist bei älteren Versuchsobjekten, die uns ja gestattet ist, auszuwählen, dasselbe der Fall.

Somit fällt das Ausgestaltungsgeschehen bei den wichtigen Resultaten unseres Botanikers nicht unter den Begriff (implicit-regulatorischer) reiner Differenzirung, es ist echte (explicit-) regulatorische Restitution.

Innerhalb dieser Rubrik hätten wir uns nun jeden einzelnen Fall, für weitere Klassifikation, des Näheren zu besehen, was aber für unser allgemeines Ziel ohne Belang ist. Es treten viele mit Wachsthum und histologischer Ausprägung verbundene Zellvermehrungen auf: das nennen wir adventive Konstruktivrestitution; es tritt aber sicherlich auch Änderung des gewebliehen Charakters mancher

Elemente ohne weitere Geschehnisse auf: das nennen wir Umdifferenzirung. Ein näheres beobachtendes Eingehen gerade auf diese subtile Frage würde uns wohl überhaupt zeigen, dass das Wort Umdifferenzirung hier nicht nur unseren abstrakt-begrifflichen Sinn des »Ausgehens von Fertigem« habe, sondern recht wohl auch deskriptiv-histologisch fassbar sei, dass nämlich die »embryonalen« parenchymatischen und sonstigen Ersatz leistenden Gewebe gar nicht so »undifferenzirt« und »funktionslos« sind, wie man sie hinstellt.

So ist denn dieser nur der Schwierigkeit des Gegenstandes wegen abgesonderte Paragraph beendet. Sollte aber der Leser in ihm eine Lücke empfunden haben, sollte er bemerkt haben, wie wir das Eingehen auf die Funktionsänderung, die doch durch die von uns in den Vordergrund gestellte Störung der Gesammtorganisation nothwendig hervorgerufen war, absichtlich vermieden, sollte ihm wohl gar in den Sinn kommen, dass früher doch von einer morphologischen Anpassung von Organen an Modifikation der Außenwelt, also an Funktionsänderungen, geredet worden ist, und sollte er hier Zusammenhänge ahnen, die er von uns nicht genügend gewürdigt fände, so könnten wir gleichwohl seine Vervollständigungsbedürfnisse hier nicht befriedigen, sondern müssten ihn auf spätere Erörterungen dieser Schrift verweisen[1]).

Hier, in diesem rein darstellenden ersten Theile unserer Schrift sind uns die Geschehnisse in den VÖCHTING'schen Versuchen nur Restitutionen von Störungen der Gesammtform.

7. Restitution durch Destruktion.

Unter diesem Namen sollen alle Fälle von deutlicher Rückbildung von Organen, Organkomplexen oder Organtheilen zur Darstellung

---

1) Die Erörterungen des Textes genügen für dieses einleitende, deskriptive Kapitel, welches mehr oder weniger mit willkürlichen Kollektivbegriffen arbeitet. Wir werden später sehen, dass sich der eine Theil der VÖCHTING-schen Versuche, die Einschaltung der Knolle in den Grundstock auch, und zwar logisch gerechtfertigter, nicht als eine Organisationsstörung, sondern als Funktionsstörung auffassen lässt: dann aber kommt das morphologische Umbildungsgeschehen an dieser Knolle in die Kategorie der Anpassungen an Modifikationen des Äußeren; ein Äußeres, d. h. Funktionsänderung, nämlich die auferzwungene Saftleitung, erscheint als formativer Reiz, und aller Effekt wird zu reinem Differenzirungsgeschehen, wie in den pag. 27 ff. geschilderten Fällen.

Bezüglich der vikariirenden Knollen bleibt in jedem Falle alles im Text Gesagte bestehen.

kommen, welche restitutiv sind, d. h. auf Erreichung normaler Konfiguration des Ganzen hinzielen.

Die sogenannte Inaktivitätsatrophie gehört also nicht hierher, und ebensowenig werden hier Fälle Platz finden, in denen nach Durchtrennung eines Organs vom nervösen Centrum Rückbildungserscheinungen beobachtet wurden. Auch wenn Vöchting gelegentlich der Schilderung seiner vikariirenden Knollen angiebt, dass er dabei eine bis zum Absterben gehende Rückbildung gewisser Gefäßtheile beobachtet habe, haben wir wohl keine Veranlassung, darin eine aktive Regulationsleistung des Organismus zu erblicken.

Der zuerst bekannt gewordene Fall echter destruktiver Formregulation ist wohl die von mir [14] beobachtete Verschmelzung von Därmen bei Asteridenlarven: durch Schütteln der jungen Keime erreicht man hier zwar keine Trennung der Blastomeren, aber, wenn ich so sagen soll, oft eine Trennung des darmbildenden Vegetationspunktes: es entstehen zwei wohl ausgebildete, parallel laufende Därme; darauf verschmelzen dieselben, falls sie nahe genug bei einander liegen, im Interesse der Einheitlichkeit des Ganzen. Es gelang mir später, Darmverschmelzung auch bei sehr großen Echinidenlarven zu beobaehten, welche durch Verwachsung zweier normaler Keime entstanden waren [21].

Was bei diesen Verwachsungen eigentlich im Intimen vorgeht, ist zur Zeit unbekannt, und so mag denn auch ein gewisser Zweifel erlaubt sein, ob es sich hier überhaupt um echt destruktive, rückbildende Regulationen und nicht vielmehr um Regulationen durch Umlagerung handelt: immerhin verschwindet durch die Regulation ein vorher als solches vorhandenes Formgebilde, und daher ist wohl die Erwähnung der vorliegenden Fakten an dieser Stelle erlaubt. Es ist klar, dass die regulativen Verschmelzungen von Darmästen, die, nach Bardeen, bei der Restitution von Planariabruchstücken eine Rolle spielen (pag. 71), eigentlich auch erst hier hätten zur Erörterung kommen sollen; um objektiv Zusammengehöriges nicht zu trennen, geschah ihre Erwähnung schon früher.

Bei Tubularia konnte ich [16] sehr seltsame Regulationen durch Rückbildung feststellen: wird hier nach Anlage der reparirenden beiden Tentakelkränze der distale derselben entfernt, so wird oftmals der Kopf dennoch fertig gestellt und herausgestreckt, und der Ersatz des Fehlenden erfolgt durch echte Regeneration. Oftmals aber auch wird der belassene proximale Kranz rückgebildet, gleichsam »entdifferenzirt«, und Alles durch eine Neuanlage ersetzt; in seltenen

Fällen endlich bildet sich ein mittleres Stück des proximalen Kranzes zurück, so dass der Rest von ihm nun zwei Kränze darstellt, welche zu den beiden Tentakelkränzen des kommenden Hydranthen werden.

Hier liegen durchaus echt destruktive, formzerstörende Phänomene vor; wie schon gesagt, sind es entdifferenzirende: sie machen eine bereits eingeleitete Differenzirung rückgängig, und zwar in regulatorischer Weise, da nämlich der zu einer Ersatzbildung führende Geschehensverlauf gestört war; wir haben hier gewissermaßen die Regulation einer Regulation vor uns.

Ein anderer Fall von Entdifferenzirung scheint, diesmal innerhalb einer Zelle sich abspielend, vorzuliegen, wenn Balbiani [1] für Stentor angiebt, dass hier die regenerirten (?)[1] Neuanlagen bisweilen noch einmal gebildet würden, worauf dann Rückbildung des Zuvielgebildeten erfolge. Hier wird also, wenn wir so sagen sollen, ein Fehler der einen Regulation durch die andere gut gemacht.

Ähnlich scheinen die Verhältnisse bei der Regeneration des Schwanzes des Pachydactylus und anderer Geekonen zu liegen; Tornier [85] theilt hier mit, dass diese Thiere die Schuppen oft in zu großer Zahl und zu großer Einzelgestalt regeneriren: sie werden dann später unter Rückbildung ihrer »Kiele« zum Theil kleiner; ein gutes Beispiel regulativer Entdifferenzirung.

In der Rückbildung eines »zu großen« Pharynx in kleinen Bruchstücken der Planaria, welcher dann durch einen passenden ersetzt wird, liegt ein sehr merkwürdiger regulatorischer Reduktionsprocess vor (s. o. pag. 71, Bardeen [2]), neben den Vorkommnissen an Tubularia wohl der wichtigste.

Groß ist die Zahl destruktiver Regulationen bei Hydra: Oben ist mitgetheilt worden (pag. 73), dass aufgepfropfte Knospen sich später vom Stamm durch Wachsthumsregulationen, durch ein »Herunterrutschen« bis zum Fuß, trennen; das gilt nur, wenn sie Tentakel gebildet haben; oft, zumal wenn sie kleiner sind, thun sie es nicht, und dann werden sie von ihrem Wirth resorbirt (Rand [70]).

Bei den seltsamen Wachsthumsregulationen, welche reparirende, Tentakel tragende Hypostomtheile von Hydra zeigen (pag. 73), gelangen sehr oft einige der ursprünglichen Tentakel dieser Objekte an falsche Stellen des späteren normalen Individuums: auch sie werden resorbirt im Interesse der Gesammtform. Bei denselben Objekten

1) Verdienen sie diesen Namen?

bleibt, wie geschildert, eine Gruppe der ursprünglichen Tentakel als solche erhalten und wird durch Regeneration vervollständigt: diese Regeneration geschieht nun oft im Übermaß, und auch dann verfällt im Interesse der normalen Konfiguration der eine oder andere aus der Gesammtgruppe der Tentakel der Resorption (Rand [69]).

Wenn dagegen, wie Parke [62] angiebt, auch bei schlechter Ernährung Hydra einige ihrer Tentakel resorbiren kann, so dürfte das weniger als Formrestitution denn als regulative Anpassung an Äußeres, ja geradezu an den Hungerzustand aufzufassen sein und wird nur desshalb in diesem Kapitel unserer Aufzählung erwähnt, da sich der Vorgang doch als Formdestruktion uns vor Augen stellt[1]).

Neben echten Resorptionen sind auch Verschmelzungen bei Hydra häufig: F. Peebles [64] sah, wie mit den oralen Enden gegen einander gepfropfte Doppelobjekte, nachdem sie an der Pfropfstelle einen gemeinsamen Kopf gebildet hatten, der also anfangs seitlich aus dem Stammtheil, welcher rechts und links einen Fuß aufwies, herausragte, diese Füße einander immer näher und schließlich zur Verschmelzung brachten; so entstand, wie stets, schließlich doch ein normales Individuum.

Dass an gabelförmig verästelten Tentakeln die Äste verschmelzen, konstatirte Parke wiederholt; er sah ferner, wie diese Gabeltentakeln die letzten Stadien eines Verwachsungsprocesses zweier Tentakel darstellten, der seinerseits wohl durch Verwundung der Konstituenten eingeleitet war.

Der interessante Zerschnürungsversuch an der Amphibiengastrula, den Spemann [81] ausführte, ging uns in unseren Betrachtungen insofern nicht im Besonderen an, als das Resultat, welches er vorwiegend zeitigte, in der Aufdeckung der äquipotentiellen Natur der Elementarorgane des Amphibienorganismus und damit der implicit-regulatorischen Natur der in Betracht kommenden differenzirenden Faktoren besteht. Wenn Spemann aber angiebt, dass in dem hinteren der beiden Zerschnürungstheile, nachdem sich am anormalen Orte das Medullarrohr zum zweiten Male als Hirn differenzirte, die Chorda

---

1) Bezüglich des Vorganges, den Loeb [45] neuerdings bei Campanularia als Rückbildung schildert (Köpfchen, die feste Gegenstände berühren, sollen in Stammmaterial verwandelt werden), ist mir nicht ganz sicher, ob es sich nicht um Absterbeerscheinungen handelt.

dorsalis eine den neuen Verhältnissen entsprechende Rückbildung erfährt, so liegt hier eine sehr wichtige entdifferenzirende Destruktionsregulation vor, über die wir aus der endgültigen Spemann'schen Arbeit wohl noch Näheres erfahren werden.

In der oben schon in anderem Zusammenhange zur Sprache gebrachten interessanten Versuchsserie, die Ritter und Congdon [77] an Stenostoma ausführten, traten ebenfalls regulatorische Destruktionen auf: die Wimpergrübchen und die Einschnürungsfurche nämlich wanderten hier nicht etwa, wie die Hirnanlage, an ihnen aufgezwungene neue Orte, sondern bildeten sich total zurück, um später am richtigen Platz von Neuem aufzutreten.

Mit Diesem ist das vorliegende Material von regulativen Destruktionsvorgängen wohl in seinen wesentlichsten Fällen aufgezählt: man sieht, dass sich Fälle mannigfachster Art hier darbieten. Um endlich noch eine andere Art destruktiven Geschehens, das zwar kein restitutives im eigentlichen Sinne ist, namhaft zu machen, mag zum Schlusse erwähnt sein, dass nach Joest [39] Regenwürmer in der Nähe inficirter Stellen ihren Körper selbst amputiren, und dass nach Massart [47] bei Impatiens, nach Verletzung eines Stengelgliedes, keine Wundheilung, aber Amputation im nächst unteren Knoten erfolgt.

B. Theoretischer Theil.

[Alle Litteraturnachweise dieses Theils, mit Ausnahme des Kapitels B. III. 3, finden sich unter dem Text.]

Kapitel I.

Definition des Begriffes „Regulation".

Auf den an thatsächlichem Inhalte reichen, ausgedehnten ersten Haupttheil unserer Studie, der fast das ganze Gebiet der Lebenswissenschaft durchstreifte, lassen wir als Gegenstück einen zweiten Theil folgen, der ebenso abstrakt sein wird, wie jener konkret war. Er beginne mit dem Versuch, auf Grund der im Vorstehenden mitgetheilten sachlichen Daten den Begriff »Regulation« streng zu definiren.

Bisher wurde in gleichsam zufälliger, wennschon einer gewissen äußerlichen Ordnung nicht entbehrender Reihenfolge mitgetheilt, was Alles man von biologischen Vorgängen als Regulation bezeichnet hat. Jetzt soll das Gemeinsame aus allem diesem Einzelnen herausgezogen werden, soll ein möglichst kurzer Ausdruck gefunden werden, der auf jeden der geschilderten Vorgänge anwendbar, von dem jeder ein Specialfall ist.

Aus der Betrachtung, dass die große Mehrzahl der Individuen einer Organismenform unter gleichen Bedingungen nach Bau und Funktion annähernd gleich ist, genauer gesagt, dass sie in jedem einzelnen ihrer Charakteristika sich nach den Gesetzen der zufälligen Fehler um einen angebbaren Mittelwerth gruppirt, erwächst uns der Begriff des Normalen. »Normal« ist, was die überwältigende lebens- und fortpflanzungsfähige Mehrzahl ist, besitzt und unter gegebenen Bedingungen leistet.

Wenn wir alles oben einzeln Aufgezählte überdenken, können wir nun wohl sagen:

Regulation ist ein am lebenden Organismus geschehender Vorgang oder die Änderung eines solchen Vorgangs, durch welchen oder durch welche eine irgendwie gesetzte Störung seines vorher bestandenen »normalen« Zustandes ganz oder theilweise, direkt oder indirekt[1]), kompensirt und so der »normale« Zustand oder wenigstens eine Annäherung an ihn wieder herbeigeführt wird.

Dieser Satz bedarf mehrfacher Erörterung.

Zuvörderst ist besonderer Nachdruck auf das Wort »Vorgang am lebenden Organismus« zu legen: die Blutgerinnung außerhalb des Organismus ist also keine Regulation, wennschon sie in zweckmäßiger Weise zum Verstopfen von Wunden, also zu einem durch die Konfiguration des Ganzen bedingten, statisch-teleologischen[2]) Geschehen führen kann.

Sodann ist der Irrthum auszuschließen, dass das Wort normal mit dem Begriff des Abänderns der »Species« etwas zu thun habe. Uns ist vielmehr der specifische Formcharakter als »Art« oder auch im Sinne von DE VRIES als »Mutation«[3]) oder auch als »Rasse« ein

---

1) D. h. durch Verhinderung der Ausbreitung einer an und für sich noch geringfügigen Störung.

2) Siehe über diesen Begriff meine »Lokalisation« pag. 103. Arch. Ent.-Mech. 8.

3) Nicht »Variation«. S. DE VRIES: Die Mutationslehre, Leipzig 1901.

Gegebenes. Innerhalb seiner erst gilt unser Begriff des Normalen, eben desshalb gebrauchten wir oben das indifferente Wort Organismenform. Was also am Organismus, so wie er kraft der Beschaffenheit seines als gesund vorausgesetzten Ausgangspunktes (Ei etc.) ist, gestört wurde, das hat regulatorisches Geschehen zur Folge.

Der Begriff des »normalen Zustandes« des Organismus schließt sein gesammtes Funktionsgetriebe mit ein; dieses Funktionsgetriebe steht aber in energetischer und stofflicher Beziehung zur Außenwelt, und damit wird der normale Organismus von der Außenwelt abhängig (Transspiration, Wärmeproduktion etc.).

Diese Erwägung komplicirt unseren Begriff der »Störung«. Eine Störung des Organismus ist nämlich nach diesen Erwägungen nicht nur eine ihm als solchem, seiner Form oder Masse nach, zugefügte Veränderung, sondern kann auch eine Veränderung von Faktoren der Außenwelt sein, indem durch sie sein Funktionsgetriebe gestört wird.

Können wir nach dieser Ermittelung nun vielleicht einfacher als oben sagen, dass »Regulation« jeder Effekt am Organismus sei, den eine Veränderung seiner Form oder eines beliebigen Faktors der ihn in gewissem Umkreis umgebenden Außenwelt hervorgerufen habe? Dass wir unsere obige Definition nicht durch diesen einfacheren Satz ersetzen dürfen, lehrt eine einfache Betrachtung: unter diesen Satz nämlich fiele unter Anderem jeder Reflex, der etwa am thierischen Körper zu Tage tritt. Reflexe sind aber nie als Regulationen bezeichnet worden und fehlen in unserer Aufzählung. Es fehlt etwas bei ihnen, was den Regulationseffekten wesentlich ist, es fehlt die Störung, aus der heraus der Regulationsbegriff erst erwächst.

Wir können also unsere Definition des Begriffes Regulation nicht durch einen einfacheren Satz ersetzen.

Unsere letzte Erwägung kann uns aber dazu dienen, unsere Definition in recht eindringlicher Weise zu erläutern, gleichsam mit einem Kommentar zu versehen.

Wir wollen einmal unseren Begriff der Regulation mit dem allgemeinen Begriffe »Reaktion« kontrastiren: Wo es sich um Effekte handelt, die auf eine unmittelbare Formveränderung am Organismus hin erfolgen, scheint in keinem Falle ein Zweifel darüber vorzuliegen, dass die Anwendung des Regulationsbegriffes für die eintretende »Reaktion« stets am Platze sei.

Die »Reaktion« stellt hier eben die »normale« Form wieder her oder strebt wenigstens diesem Ziele zu (unsere »Restitutionen«).

Anders, wenn Veränderung eines Faktors der Außenwelt Effekte am Organismus erzielt; hier nannten wir, so weit Formeffekte in Betracht kommen, ausdrücklich »regulativ« und nicht nur formativ lediglich solche Effekte, welche neben ihrem Formcharakter zugleich das Kennzeichen haben, das Funktionsgetriebe des Organismus wieder zu einem normalen zu machen. War doch durch die gesetzte Veränderung eigentlich das Funktionsgetriebe des Organismus alterirt gewesen.

Lösen veränderte Außenweltsfaktoren nicht Formbildung, sondern funktionales Geschehen irgend welcher Art aus, so gilt ganz Entsprechendes: die Bezeichnung Reaktion verdient der Effekt in jedem Fall, eine Regulation ist er nur, wenn er einen gestört gewesenen Funktionszustand wieder herstellt.

Wie also bloße formative Reaktionen etwa die Gallenbildung oder auch gewisse durch das Licht hervorgerufene Bildungen waren, so sind bloße funktionelle Reaktionen die thierischen Reflexe und etwa die Bewegung der Mimosa.

Da gerade im Gebiet des rein Funktionellen der Entscheid, ob bloß Reaktion oder ob Regulation, oft schwieriger sein dürfte, gehen wir noch mit Wenigem auf die begriffliche Analyse gerade der reinen Funktionsregulationen ein:

Bei funktionellen Regulationen wird nicht, wie bei bloßen funktionellen Reaktionen, eine Funktion hervorgerufen, sondern wird schon bestehendes Funktioniren selbst, sei es auch nur quantitativ, geändert; sie sind somit Änderungen der Reaktionsart, drastisch ausgedrückt: nicht bloße Reaktionen, sondern Reaktionen des Reagirens, stets natürlich im Sinne eines Störungsausgleiches.

Man wird es durchaus in Übereinstimmung mit dem Gesagten finden, dass wir nicht die auf Lichteinfall erfolgenden Richtungsbewegungen, wohl aber die Lichtstimmung[1]), nicht das Transspiriren, die Wärmebildung an sich, wohl aber ihre Abhängigkeit von Faktoren

1) Hier muss es freilich späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, den Nutzen der als »Stimmung« bezeichneten Phänomene festzustellen. Dass sie dazu dienen, »Störungen« irgend welcher Art aufzuheben, oder mindestens fernzuhalten, darf hypothetisch wohl angenommen werden.

der Außenwelt, streng gesprochen, ihr (quantitatives) Verändertwerden durch diese Faktoren als Regulationen bezeichnet haben.

Nur für den abstrakt-begrifflich denkenden Forscher, nicht in der Natur, sind selbstredend Regulationen von einfachen Reaktionen geschieden; unser erster Theil dürfte aber dem Leser die Überzeugung beigebracht haben, dass fast jede Gruppe reaktiver Lebensphänomene regulative Züge aufweist.

Kapitel II.

Klassifikation der Regulationen.

1. Von den beiden Grundarten der Regulation.

Alle Fälle organischen Regulationsgeschehens zerfallen in zwei große Gruppen, durch welche der Regulationsbegriff überhaupt erschöpft wird: in Organisations- und Adaptationsregulationen.

Dass es beide Arten von Regulationen geben kann, folgt aus dem Wesen des Organischen; dass es in der That beide giebt, ist Ergebnis der Erfahrung.

An jedem organischen Körper ist etwas, das, krystallographischen Formen ganz im Allgemeinen vergleichbar, in einer gegebenen Relation, Kombination und Komplikation der Theile seiner großen Organisation besteht und seit Langem Typus genannt wird. Auf der Verschiedenheit des Typischen der Organismen, wobei nicht nur an die gewohnheitsgemäß als Typen bezeichneten großen Kategorien der Organismenformen zu denken ist, beruht die Systematik der Lebewesen.

Wir wissen noch nicht, was »das Typische« einer Form eigentlich bedeutet, was für ein Grundphänomen hier vorliegt; aber dass hier etwas vorliegt, wissen wir[1]).

Alles Typische hat mit dem Zweckmäßigkeitscharakter, besser dem harmonischen Charakter der lebenden Individuen, nichts zu thun; wenigstens wissen wir nicht, dass es etwas damit zu thun hätte. Seit Langem weiß man, dass auch die eigentlichen Artmerkmale in ihrer Specifität nicht einen besonderen Zweck im Leben des Individuums

1) Von »Gleichgewicht« und anderen mechanischen Analogien zu reden, wie es oft versucht wird, nützt uns hier wohl wenig (Vöchting, Hauptmann u. A.),

erfüllen. Die einzige[1]) exakte Untersuchung über Artumbildung, die wir besitzen, die von DE VRIES[2]), lehrte uns erst kürzlich, dass die Merkmale, in denen sich eine »Mutation« ausdrückt, gerade keine adaptiven, sondern indifferente Merkmale sind.

Alle Eigenschaften der organischen Formen, welche nicht organisatorisch sind, sind adaptiv, d. h. sie stehen in irgend einer derartigen Beziehung zu Faktoren der Außenwelt oder zu im Organismus selbst gelegenen Faktoren, dass durch Störung dieser Beziehung das Leben des Individuums aufgehoben oder geschädigt oder mindestens gefährdet wird. Man sieht meist unmittelbar ein, in welcher Weise und Hinsicht sie in Beziehung zu jenen Faktoren stehen: eben daher nennt man sie, »zu jenen Faktoren passend«, an sie »angepasst«, welche Bezeichnung zunächst einen durchaus deskriptiven Sinn in Bezug auf eine existirende Relation hat.

Die Theile des Organismus, welche etwas leisten, welche »funktioniren«, sind es vor Allem, die, und zwar eben wegen ihrer Funktion, einen adaptiven, d. h. zu den allgemeinen Existenzbedingungen im Sinne der Lebenserhaltung passenden Charakter haben. Es ist klar, dass diese funktionirenden Theile streng genommen in zweifacher Weise adaptiv erscheinen: einmal dadurch: dass sie überhaupt da sind, zum Anderen dadurch, dass sie richtig funktioniren. Theile, die nichts funktionell leisten, können aberlegich wohl adaptiven Charakter haben; sie haben ihn durch ihre bloße Existenz, wie z. B. Dornen oder Hörner.

Überhaupt hat mit geringen Ausnahmen, auf die wir hier nicht eingehen, wohl jeder Theil in seiner besonderen Existenz, wie sie ist, auch adaptiven Charakter, und es ist der Begriff des Organisatorischen nicht als etwas neben dem Adaptiven Einhergehendes aufzufassen. Organisation und Adaptation durchdringen sich, wenn der Ausdruck erlaubt ist: in der specifischen Ordnung alles Adaptiven zeigt sich die Organisation, und umgekehrt: alles Organisatorische ist in seinen Einzelheiten adaptiv. Gleichwohl muss man im Abstrakten hier scharf trennen[3]).

---

1) Die variationsstatischen Untersuchungen verdienen zwar auch das Prädikat exakt, haben aber bisher zur Kardinalfrage der Artumbildung nicht vielmehr als Vorstudien geliefert.

2) Mutationstheorie. Leipzig 1901.

3) Von Werken der Architektur gilt ganz Entsprechendes: an einer gothischen Kathedrale sind die einzelnen Konstruktionstheile gothisch und mechanisch-nothwendig zu gleicher Zeit.

Wollen wir nun das Gesagte zu einer Eintheilung der Regulationen benutzen, so ist klar, dass diese Eintheilung im Princip in der Aufstellung zweier großen Gruppen, der Organisations- und der Adaptationsregulationen bestehen wird. Die einen stellen die gestörte Organisation wieder her, die anderen das gestörte Angepasstsein. Praktisch aber ist, eben wegen der steten Durchdringung beider Kennzeichen des Organischen, die Trennung in dieser Weise nicht immer durchzuführen: so ist z. B. klar, dass die Regeneration eines Regenwurmkopfes den Ausgleich von Störungen beider Art zugleich bedeutet; die adaptiven Bewegungskoordinationen des Wurmes waren nach Entnahme seines Gehirns sicherlich auch sehr gestört. In anderen Fällen werden bei der Regeneration Theile wiedergebildet, welche durchaus zu den durch ihre bloße Existenz adaptiven, wennschon nicht funktionirenden Theilen gehören (z. B. Schuppen), aber keineswegs organisatorisch im strengen Sinne sind.

Andererseits ist aber doch zu erwägen, dass der Regenerationsprocess an und für sich nicht die Adaptation unmittelbar regulirt, sondern stets nur die Vorbedingungen zu solcher Regulation schafft; was er unmittelbar schafft, ist ganz vorwiegend Vervollständigung der Organisation; nur wegen der durchgängigen Durchdringung beider Seiten des Organischen schafft er gleichzeitig noch mehr. So werden denn alle Regenerationen, ja alle Restitutionen überhaupt, den Organisationsregulationen beizurechnen sein.

Bei einer anderen Gruppe sich morphologisch äußernder Regulationsarten: bei den morphologischen Anpassungen an Äußeres, liegen die Verhältnisse ebenfalls komplicirt, wennschon gerade umgekehrt, wie bei der Regeneration: die Regulation schafft einen Adaptivcharakter, z. B. Gefäßbündelelemente, aber sie thut es im »Typus« der Art, also in organisatorischem Rahmen. Immerhin wird man hier die Adaptivleistung deutlich als im Vordergrund des Geschehens stehend erkennen.

So dürfen wir denn, mit gewisser durch die Natur des Objekts gegebenen Einschränkung, doch unsere zwei großen Gruppen der Regulationen aufrecht erhalten. Bei einer Zuordnung der einzelnen Fälle in sie kann eben, wie wir einsahen, nicht ganz rein, sondern muss nach dem Princip »a potiori fit denominatio« verfahren werden.

2. Katalog der Regulationen, nach ihrer Beziehung zu den allgemeinen Kennzeichen des Organischen geordnet.

Es sollen jetzt die von uns im ersten Haupttheil deskriptiv mitgetheilten Regulationsarten nach den nunmehr gewonnenen Gesichtspunkten geordnet werden. Dass sich dabei eine ganz reinliche Scheidung in zwei große Gruppen nicht wird durchführen lassen, ist nach dem zuletzt Gesagten klar; die Zuordnung gewisser Erscheinungen in eine bestimmte Gruppe wird immer gewissermaßen zwangsweise geschehen. Wir wollen uns, um äußerlich schon die gemischten, d. h. die theils adaptiv, theils organisatorisch geschehenden Regulationen als solche hervortreten zu lassen, dadurch helfen, dass wir nicht nur die ohne Weiteres gegebenen zwei großen, sondern eine größere Anzahl kleinerer Kategorien verwenden, welche aber die Erkenntnis der Möglichkeit jener zur Voraussetzung haben. Hierbei werden uns die unserer Definition des Regulationsbegriffes beigefügten Kommentare gute Dienste leisten.

Obwohl in diesem Abschnitt der Beginn einer analytischen Behandlung der Regulationsprobleme, im Gegensatz zur reinen empirischen Aufzählung des ersten Theiles, bereits angestrebt wird, soll doch diese Analyse hier gleichsam auf der ersten Stufe stehen bleiben. Solches wird namentlich auch hinsichtlich unserer Betrachtung der funktionellen Mittel, durch die sich alles Lebensgeschehen, also auch das regulatorische, vollzieht, gelten: Stoffverbrauch, Stoffbereitung, Stoffaufnahme, Stoffabgabe oder Sekretion, Bewegung, Theilung, Wachsthum, histologische Formbildung gelten uns, in mehr oder weniger hergebrachter Weise, in diesem Abschnitt als Elementarerscheinungen des Funktionirens, obwohl für den tiefer Denkenden klar ist, dass hier nichts weniger als »elementares«, ja dass nicht einmal irgendwie analysirtes Geschehen in diesen Dingen vorliegt.

Wir brauchen Analyse nach dieser Richtung in diesem Theil unserer Studie noch nicht; zu viel Analyse zu gleicher Zeit würde mehr verwirren als aufklären.

So ordnen wir denn die Regulationen unter Zugrundelegung dessen, was sie in jedem Falle für den Organismus bedeuten; wir werden sehen, dass manches früher zusammen Behandelte jetzt getrennt, manches früher Getrennte jetzt zusammen behandelt werden muss.

A. Organisatorische Regulationen.

I. Reiz: Störung der Organisation durch Entnahme.

a. Reaktion durch Zelltheilung und Differenzirung.

Beispiele:

1. Die echte thierische Regeneration.
2. Die adventive Linsenrestituirung bei Triton.
3. Viele Restituirungen bei Hydroidenstöcken.

?4.? Bildung accessorischer Nebennieren auf der Vena cava nach Nierenexstirpation, falls sie sichergestellt ist.

5. Bildung adventiver Vegetationspunkte an Farnprothallien.
6. Viele Adventiva höherer Pflanzen, z. B. der Weide.

[Sie sind jedoch nur dann dieser Gruppe zuzurechnen, wenn wirklich, etwa durch Herstellung eines blatt- und wurzellosen Stumpfes die Organisation gröblich gestört wurde; traten sie auf, nachdem z. B. einige Sprosse entnommen, aber doch immerhin eine Anzahl derselben belassen waren, so möchte ich den Vorgang einer späteren Abtheilung (B. II. b.) zuordnen, da eben die Organisation der Pflanzen so durchaus specifisch-typisch geregelt im Einzelnen nicht ist.]

7. Das Restitutionsgeschehen an Wurzeln.
8. Die regenerativen und adventiven Bildungen von Algen.
9. Die Wundheilung der Phanerogamen.

[Sie zeigt ein deutliches organisatorisches Bestreben; um bloß im Sinne einer Adaption Schutz nach außen herzustellen, würde offenbar weniger genügen.]

u. s. w.

b. Reaktion durch Wachsthum und Umlagerung.

Beispiele:

1. Waehsthum im Anschluss an regenerative Ausgestaltung.
2. Ausgleich schiefer Regeneration.
3. »Morpholaxis« der Planaria.
4. Innere Substanzverlagerungen an isolirten Blastomeren.
5. Formregulirung durchschnittener Medusen.
6. Restitutionen an tentakeltragenden Hypostomtheilen von Hydra.

u. s. w.

Bei Pflanzen tritt diese Regulationsart zurück.

c. Reaktion durch Umdifferenzirung.

Beispiele:

1. Tentakel der Hydra ersetzen Leibessubstanz.
2. Die vikarirende Knollenbildung der Pflanzen nach den Angaben VÖCHTING's.

[An diesem Geschehen ist Vieles auch durch Zelltheilungen und Waehsthum vermittelt.

Dazu, diese Vorgänge den organisatorischen Regulationen zuzurechnen, werden wir ganz vorwiegend durch die Angabe VÖCHTING's bewogen, dass er bisweilen die Bildung von vikarirenden Knollen, die gar keine Reservestoffe führten, also lediglich als Formgebilde vorhanden waren, beobachtet habe. — Im Übrigen vergleiche man das zu A. I. a. 6 Bemerkte.]

u. s. w.

d. Reaktion implicit-regulatorisch gegeben.

Beispiele:

1. Die Blastomerenversuche.
2. Reparation der Tubularia.
3. Restitution der Hydra.

u. s. w.

e. Regeneration durch rein funktionales Geschehen vermittelt.

[Hier ist die organisatorische Regulation die Folge eines selbst nicht-morphologischen Vorgangs.]

Beispiele:

1. Ersatz des Gipfelsprosses der Fichte.
2. Das verfrühte Austreiben von Knospen nach Entnahme von Sprossen.

[Vgl. das zu A. I. a. 6 Bemerkte.]

u. s. w.

f. Reaktion durch Resorption und Rückbildung.

Beispiele:

1. Reduktion der Chorda in den Versuchen SPEMANN's.
2. Tentakelrückbildung nach Wachsthumsrestitution von Hypostomtheilen der Hydra.

u. s. w.

II. Reiz: Künstliche Verlagerung.

[Eine weitere Zergliederung dieser Kategorie kann praktisch unterbleiben.]

Beispiele:

1. Manches von dem Geschehen an den in den Grundstock eingeschalteten Knollen Vöchting's.

   [Zum großen Theil ist hier das Geschehen wohl adaptiv.]
2. Verschmelzung der Füße in gewissen Fällen von Pfropfungen bei Hydra.
3. Die seltsamen Wanderungs- und Resorptionserscheinungen in den Versuchen von Ritter-Congdon an Stenostoma.

   [In 2 und 3 handelt es sich streng genommen weniger um Verlagerung als um einen atypischen Substanzzusatz; es liegt das Gegentheil eines durch Entnahme gesetzten Störungsausgleiches vor.]

u. s. w.

III. Reiz: Vorausgegangene Fehlleistung des Organismus.

[Vgl. Bemerkung zu II.]

Beispiele:

1. Verschmelzung der Därme in Asteridenlarven, die deren zwei gebildet hatten.
2. Resorption einer der beiden von Stentor gebildeten Ersatzanlagen.
3. Rückbildung der »Kiele« an zu groß regenerirten Schuppen bei Pachydactylus.
4. Rückbildung oder Verschmelzung überzählig regenerirter Tentakel bei Hydra.

u. s. w.

B. Adaptive Regulationen.

I. Reiz: Änderung eines Faktors der Außenwelt.

[Wir erkannten oben, dass normales Funktioniren zu den Kennzeichen eines normalen Organismus gehört; wir erkannten auch, dass Funktioniren ein in Beziehung-Stehen zur Außenwelt bedeutet, und damit eine Abhängigkeit von ihr. Mit Änderung der Außenwelt wird also auch in Bezug auf die

Funktionsleistung etwas geändert. Man beaehte genau den Wortlaut dieses Satzes; ieh sage: »in Bezug auf die Funktionsleistung Etwas«, nicht einfaeh »die Funktionsleistung«. Es ist das begrifflieh wiehtig. Was nämlieh als »Normales« am Organismus hinsiehtlieh seines von der Außenwelt abhängigen Funktionirens besteht, ist in jedem Falle in voller Strenge ein Proportionalitätsverhältnis zwisehen der typisehen Quantität und Qualität einer vor sieh gehenden Funktion und der Quantität oder Qualität eines Außenweltfaktors. In Strenge ist es nieht die Änderung des letzteren, was den Reiz für die Regulation sehafft, sondern die dadureh bedingte Störung der normalen Proportionalität zwisehen Außenwelt und Funktion. Nur bei dieser Art der Betraehtung werden gewisse gerade sehr einfaehe Arten der Regulation deutlieh als solehe kenntlieh, worüber später Weiteres bemerkt werden wird.]

α. Quantitative Änderung.

a. Effekt nur quantitativ gekennzeichnet, dem Reiz proportional.

a'. Unmittelbar funktioneller Effekt.

Beispiele:

1. Der allgemeine Stoffweehsel und die Athmung sind in gewissen Grenzen von der Nahrungs- und O-Menge abhängig.
2. Anhäufung der Assimilationsprodukte sistirt deren Bildung (z. Th. ehemisehe Massenwirkung, s. pag. 6).
3. Oxalsäure wird von Pflanzen in Proportion zu den vorhandenen Basen gebildet.
4. Der CO_2-Gehalt des Blutes regulirt, dureh direkte Wirkung auf das Centrum, Athmung und Blutdruek.
5. Die Intensität der Hauteirkulation ist der Temperatur proportional.
6. Abhängigkeit der Transpiration der Pflanzen vom Feuehtigkeitsgehalte der Luft.
7. Dessgl. der Stoffbewegung vom Verbraueh.
8. Dessgl. des Turgors in waehsenden Organen von Widerständen.
9. Dessgl. von der Koneentration der Umgebung (Sehutz gegen Plasmolyse).
10. Beschleunigung der Fortpflanzung von Pilzen, des Blühens von

Pflanzen durch schlechte Ernährung, der Verwandlung der Kaulquappen durch Hunger.

u. s. w.

[1.—3. sind Stoffumwandlungsregulationen, 4.—9. energetische, 10. ist eine im gewissen Sinne morphologische, da es aber bei ihr nur auf die Beschleunigung des Geschehens ankommt, ist sie hier aufgeführt (vgl. A. I. e. 2).]

a''. Morphologischer Effekt, mit funktionsändernden Folgen.

Beispiele:

1. Abhängigkeit der Blattstruktur von der Lichtintensität.
2. Abhängigkeit der Cutieular-, Haar-, Intercellularbildung etc. von der Transpirationsintensität.
3. Sogenannte funktionelle Anpassung von Muskeln und Drüsen durch den Gebrauch[1]).
4. Die Stärkung der Hydroidenstolonen durch Berührung.
5. Bloße Verstärkung schon vorhandener Gewebe in den Hegler-schen Versuchen.
6. Die Ausbildung der »funktionellen« Struktur der Knochen.
7. Verstärkung von Kollateralen, die ein Gefäß ersetzen.
8. Dessgl. der Kiemen des Proteus in tiefem Wasser.
9. Dessgl. der Leitungsgewebe, die zu mit Gallen besetzten Blättern führen.
10. Cuscuta ergrünt stärker ohne Wirthspflanze.

u. s. w.

[Alles sind Fälle echter Differenzirung (durch äußere formative Reize) in unserem Sinne.]

b. Effekt qualitativ gekennzeichnet, d. h. von bestimmter Intensität des Reizes an als neues Geschehen einsetzend, dann ihm proportional.

[Man erwäge hier den Begriff der Reizschwelle, er würde streng genommen auch für die Fälle unter a. gelten; es liegt mir daran, hier, unter b., die Fälle zusammenzufassen, wo mit einer bestimmten Reizintensität völlig neues Geschehen

1) Eine Analyse dieser Vorgänge in meinen »Resultaten u. Probl. d. Entw.-phys.« Erg. d. An. u. Entw. für 1898 pag. 792 f. Bezüglich der Knochenstruktur findet man hier den Nachweis, dass sie kein qualitativer Effekt, sondern die Folge eines Komplexes quantitativer Effekte ist.

einsetzt, nachdem Vieles von der betreffenden Reizkategorie sonst Abhängige schon in Gang war. Ich kenne nur morphologische Fälle.]

Beispiele:

1. Von gewisser Intensität der Transspiration an entstehen neue Pflanzengewebe (Kohl u. A.)
2. Dessgl. von gewisser Intensität des Zuges an (Hegler).
3. Lothélier's Vikariiren von Dorn und Blatt je nach dem Feuchtigkeitsgehalt.

u. s. w.

c. Effekt nur direktiv gekennzeichnet, an eine ganz bestimmte Intensität des Reizes gebunden.

Beispiele:

1. Die »Stimmung« bei Richtungsreizen im Falle, dass der richtende Reiz zugleich »stimmt«.
2. Dessgl. im Falle, dass ein anderer Reiz als der richtende »stimmt«. (Heterogene Induktion.)

β. Qualitative Änderung.

a. Effekt nur quantitativ gekennzeichnet.

[Dass auf qualitative Änderung ein nur quantitativ gekennzeichneter Effekt folgt, ist kein Widerspruch. Die Sachlage ist natürlich nur möglich, wenn der Vorgang, dessen Steigerung der Effekt darstellt, schon vorher in bestimmter Intensität ablief; wir haben hier ein Gegenstück zur Abtheilung *α*. b.]

Beispiele:

1. Die Temperatursteigerung im Fieber.
2. Die Erhöhung der Durchlässigkeit der Gefäßwandungen bei Infektionen oder Entzündungen.
3. Modifikationen der Leitungsgewebe an Landformen der amphibischen Gewächse, welche nur Verstärkungen sind.

[Hier ist der Reiz qualitativ gegeben, denn im Wasser gab es überhaupt keine Transspiration, der Effekt ist gleichwohl nur quantitativ.]

b. Effekt qualitativ gekennzeichnet.

b'. Unmittelbar funktioneller Effekt.

1. Die sich in der Elektion organischer Nährstoffe seitens der Pilze äußernde Änderung der Stoffverwerthung.
2. Die Vertretbarkeit von Salzen in den Versuchen von Herbst.
3. Die Änderungen der Assimilation im Hungerzustand.
4. Die intramolekulare Athmung und Verwandtes.
5. Gärungsregulationen bei Mangel an normalem Vergärbaren.

[1.—5. sind Regulationen bezüglich der Stoffverwerthung.]

6. Die Antitoxinbildung; überhaupt das Immunwerden gegen Gifte.

[Es dürfte Niemand etwas dagegen einwenden, dass wir die Einführung von Giften den Veränderungen von Faktoren der Außenwelt beirechnen.]

7. Der Schutz gegen Plasmolyse, falls bei ihr (vgl. B. I. α. a'. 9) neue Stoffe entstehen.

[6.—7. sind Regulationen bezüglich der Bildung von Stoffen.]

8. Änderungen der Durchlässigkeit als Schutz gegen Plasmolyse bei Bakterien.
9. Wohl viele nicht näher bekannte Regulationen der Durchlässigkeit in Niere, Drüsen, Darm.

u. s. w.

b''. Morphologischer Effekt mit funktionsändernden Folgen.

1. Entstehung von Cysten um Fremdkörper und Ähnliches.
2. Viele Neubildungen an den Landmodifikationen der Wasserpflanzen.
3. Das Aërenchym der Wasserform von Jussiaea.
4. Schutz der Pflanzen gegen Austrocknen.

[Bary- und Photomorphosen bloß richtender Art sollten nicht zu den Regulationen gerechnet werden.]

5. Die Rückbildung einzelner Tentakel von Hydra bei schlechter Ernährung.

[Hier haben wir einen typischen morphologischen Rückbildungsprocess im Dienst von außen bedingter funktioneller Regulation.]

II. Reiz: Theilweise Vernichtung von Funktionen (durch Entnahme oder Abtödtung von Theilen).

[Auch hier wird in Strenge das Verhältnis des Funktionirens zu Faktoren der Außenwelt geändert; diesmal, indem nicht letztere, sondern das Funktionirende geändert wird. Es handelt sich nur um Änderung der Proportionalität jenes Verhältnisses, wenn von einem Gewebe ein Theil entnommen, ein Theil aber noch belassen wird; wird eine Gewebskategorie ganz entnommen, so ist die Störung wohl durchgreifender. — In diesem Sinne scheiden wir »Quantitatives« und »Qualitatives«; Reiz und Effekt entsprechen sich in den bekannten Beispielen in dieser Hinsicht jedes Mal; Morphologisches und Funktionelles ist fast stets im Effekt verbunden; so können wir denn die Eintheilung einfacher als oben gestalten.]

a. Quantitatives.

Beispiele:

1. Die kompensatorische, sich morphologisch und funktionell zugleich äußernde Hypertrophie, welche nicht mit dem durch »funktionelle Anpassung« vermittelten Geschehen zu verwechseln ist.
2. Die Vermehrung der Spaltöffnungen an entblätterten Stengeln.

   [Unter anderem Gesichtspunkt, da doch die Spaltöffnungsbildung nicht von ihres Gleichen ausgeht, könnte man diesen Vorgang auch der nächsten Kategorie zurechnen.]

b. Qualitatives.

b'. Reaktion implicit-regulatorisch.

Beispiele:

1. Die Modifikation von Anlagen bei Pflanzen nach Entnahme gewisser Theile.

   [Vgl. Bemerkungen zu A. I. a. 6.]
2. Die Ersatzcellulosebildung nach Plasmolyse.

u. s. w.

b''. Reaktion durch Umdifferenzirung.

Beispiele:

?1.? Haberlandt's Ersatzhydathoden, wenn sie nicht nur Callus darstellen.

2. Vieles bei Vöchting's vikariirenden Knollen.
[S. aber A. I. c. 2.]

u. s. w.

b'''. Reaktion durch Theilung und Differenzirung.

Beispiele:

1. Gewisse Fälle der Adventivbildung bei Pflanzen.
[S. aber A. I. a. 6.]
2. Die Bildung von Gefäßkollateralen nach Verstopfung von Gefäßen.

b''''. Reaktion rein funktionell.

Beispiele:

?1?. Der Ersatz der Niere durch die Darmschleimhaut wäre, wenn er gesichert wäre, das einzige bekannte Beispiel.

b'''''. Reaktion durch Resorption und Ähnliches.

Beispiele:

1. Die Selbstamputation bei Lumbricus und Impatiens nach Verletzung.
2. Die Rückbildung der Tentakelanlage bei Tubularia nach Störung der Reparation.

[Hier haben wir ein seltsames Regulationsgeschehen adaptiver Art vor uns; die gestörte Funktion war hier nämlich selbst ein Regulationsvorgang, und zwar ein solcher organisatorischer Art: diese Funktion des Regulirens wird adaptiv regulirt. Man beachte übrigens, dass ein in gewisser Hinsicht ähnliches Verhältnis in der Kategorie A. III. 2.—4. vorlag, nur dass es sich hier bei beiden Regulationen um organisatorisches Geschehen handelte, denn die erste war schon vollendet, als die zweite einsetzte. Bei Tubularia aber wird geradezu der gestörte Reparationsablauf regulirt.]

III. Reiz: Durch Verlagerung geschaffene neue Funktionsbedingungen.

[Transplantationen gaben in dieser Hinsicht bis jetzt leider keine Resultate, sind auch gar zu wenig mit Rücksicht auf dieses Problem, fast stets nur in Hinsicht auf etwaige Artbeeinflussungen studirt worden.]

Beispiel:

Vieles von dem Geschehen an VÖCHTING's in den Grundstock von Pflanzen eingeschalteten Knollen.

[Auch hier ist für den im Organisationsganzen verlagerten Theil das Verhältnis zwischen seiner bisherigen Funktion und seiner Umgebung durchgreifend verändert: eben diese Veränderung löst morphologisch Neues und damit eine rektificirende Änderung der Funktion aus.]

Kapitel III.

Der Regulationsverlauf und seine Theile.

1. Der primäre Reiz.

Dass die erste Veranlassung zu Regulationsgeschehen irgend welcher Art stets eine Störung des Organismus selbst ist, ist oft von uns betont worden. Besteht jene erste Veranlassung, die wir den primären Reiz nennen wollen, in der Entnahme von Theilen, so ist das Gesagte ohne Weiteres klar; dass auch durch Änderung von Faktoren der Außenwelt in Wahrheit eine Relation zwischen Außenwelt und Organismus, also etwas an letzterem[1]), gestört wurde, ist wiederholt von uns dargelegt worden.

Wir haben auch schon erörtert, dass das Gestörte bei allem Regulationsgeschehen letzterer Art stets mit dem Funktioniren des Organismus zusammenhängt, dass der primäre Reiz in allen diesen Fällen eben eine Störung funktioneller Beziehungen ist.

Bei auf Entnahme von Theilen folgenden Regulationen können

---

1) Solches ist bei allen äußeren Reizen, die den Organismus treffen, der Fall, nicht nur bei solchen, die Regulationen auslösen; bei der Lichtreception z. B. ist auch die Änderung des Sehpurpurs der eigentliche Reiz.

wir hier nur sagen, dass eine Konstitutionsstörung eben den primären Reiz abgegeben habe, ohne dass uns tieferes Eindringen zunächst möglich wäre.

Der primäre Reiz, eine Störung der Funktion oder Konstitution, ist also der erste Theil der Gesammtheit eines Regulationsvorganges.

2. Der Ort des primären Reizes und der Ort der Reaktion.

Der »primäre Reiz« ist naturgemäß, wie alle Dinge, durch einen bestimmten Ort gekennzeichnet, die regulatorische Reaktion, die er auslöst, ebenfalls. Es fragt sich nun für uns, ob in dem Verhältnis dieser beiden Orte zu einander etwa gewisse Probleme vorliegen möchten, und wann solches der Fall sei.

In sehr vielen Fällen sind beide Orte identisch, und daran ist offenbar nichts Merkwürdiges. So ist es bei fast allen assimilatorischen und energetischen Regulationen, auch bei vielen morphologischen Anpassungen; bei ersteren ist es meist, um das unbestimmte Wort zu gebrauchen, die »lebende Substanz«, welche sowohl gereizt wird wie reagirt, und, was letztere angeht, so wird z. B. bei Transspirationsregulationen vorwiegend die Epidermis vom Reiz betroffen, und auch sie ist es vorwiegend, die sich dagegen wehrt.

In anderen Fällen ist die Örtlichkeit des primären Reizes so zu sagen allgemeiner als die der Regulation; auch diese Fälle bedürfen nicht mehr als einer bloßen Erwähnung: bei der Antitoxinbildung z. B. sind, obschon viele oder gar alle Gewebe betroffen sind, doch vielleicht nur wenige oder gar nur eines zur Produktion dieser Substanzen befähigt[1]), bei mechanischer Beanspruchung pflanzlicher Organismen betrifft der Reiz eigentlich das Ganze, und nur das Cambium übernimmt die Leistung, und so fort.

Es liegt in allen diesen Dingen, wie gesagt, nichts vor, das irgend einer analytischen Erörterung bedürfe[2]) und nicht an und für sich

---

1) Es mag auch vorkommen, dass nur ein Gewebe vom »Gifte« angegriffen ist, und auch nur dieses eine reagirt; dann liegt der erste besprochene Fall vor.

2) Auch die wichtigen Ergebnisse Vöchting's an in den Grundstoek eingeschalteten Knollen bieten, in Hinsicht der uns jetzt interessirenden Fragen, gar keine besonderen Probleme dar: der eigentliche durch die Verlagerung geschaffene Reiz war die geschaffene Veränderung bezüglich des Saftstromes, also eine Funktionsstörung, diese Änderung betraf das Leitungsgewebesystem (nebst Cambium), und dieses reagirte auch.

verständlich wäre: dass das Betroffene auch reagirt, oder dass, wenn Alles betroffen ist, nur das eben Reaktionsfähige reagirt, das sind hinzunehmende Thatsachen, die sich in jedem wissenschaftlichen Gebiete finden.

Anders liegen die Verhältnisse bei allen früher als Restitutionsphänomenen bezeichneten Regulationen: hier ist bei Fällen echter Regeneration zwar die Identität des Ortes von Reiz und Reaktion gewahrt, bei allen übrigen Fällen, zumal den Adventivbildungen, aber nicht. Es ist aber bei diesen nicht etwa, wie in oben erörterten Fällen, der Reaktionsort in Bezug auf den Reizort bloß specificirter, sondern Reiz und Reaktion haben specifischen, aber verschiedenen Ort.

Damit aber erwächst uns die Verpflichtung von der, zunächst nur örtlich gedachten, Vermittelung zwischen Reiz und Reaktion bei Restitutivregulationen zu handeln.

3. Die Vermittelung zwischen primärem Reiz und Reaktion. Der sekundäre oder wahre Reiz.

[Die Litteratur zu diesem Abschnitte findet sich am Schluss des Buches; auch vergleiche man dort das Verzeichnis zu A. 4.]

Es ist klar, dass dann, wenn die regulative Restitution auch nach operativem Eingriff am Orte des primären Reizes, der Operation also, erfolgt, eine Vermittelung zwischen primärem Reiz und Reaktion hinsichtlich ihrer Örtlichkeit nicht nöthig ist. Im Rahmen unseres Definitionsschemas besagt das, wie schon bemerkt, dass Regenerationen im strengen Wortsinne einer örtlichen Vermittelung nicht bedürfen.

Gleichwohl werden wir sehen, dass sich die im Folgenden anzustellenden Betrachtungen auch für ein vertieftes Studium der Regenerationen später brauchbar erweisen werden, denn das Studium der örtlichen Reizvermittelung bei Restitutionsregulationen wird uns recht eigentlich zeigen, worin eigentlich der Reiz bei jeder Konstitutionsstörung des Organismus bestehe, und solches muss auch einer Aufhellung des echten Regenerationsgeschehens zu Gute kommen.

In vielen Fällen nun geschieht der regulative Effekt, der einer Operation folgt, nicht an ihrem Ort, sondern entfernt davon. Beginnen wir ein Studium dieser Sachlage mit einer kurzen Aufzählung der in Betracht kommenden Fälle, wobei aber alles irgendwie Unsichere dem Kreise der Betrachtung fern bleiben soll.

Es gehören hierher, als einfachste Fälle, das auf Entnahme folgende verfrühte Austreiben fertiger Knospen oder das »Anderswerden« von Anlagen, ferner fast alle Adventiva, die von höheren Pflanzen gebildet werden können, auch die kleinen gelben Ersatzblüthen, welche Mattirolo nach Amputation aller Blüthen an der Stengelbasis beobachtete; dessgleichen das einfachere, oder, z. B. bei Delesseria, komplicirtere Geschehen bei Algen; die sich bis in weit von der Wunde entfernte Zellschichten fortpflanzenden Wundheilungsphänomene der Phanerogamen, wie sie von Nestler und Massart studirt wurden; der Ersatz der Linse bei Triton; die Hypertrophie der einen jugendlichen Mamma nach Entfernung der anderen; die Umschaffung der früheren kleinen Schere von Alpheus zur großen; gewisse Wucherungen an der stark verletzten Leber. Ferner reihen sich alle Wachsthumsregulationen dieser Kategorie ein; es genügt, an die Vorgänge bei Planaria, an Hypostomtheilen der Hydra, sowie an den Ausgleich schiefer Regenerationen zu erinnern.

Unter echten Umdifferenzirungsvorgängen mögen wir an die Umbildung des Hydratentakels zu Leibessubstanz dieser Form, sowie an die Reparation der Tubularia, die so entfernt von der Wundfläche sich abspielt, erinnern. Dass auch sämmtliche bekannte Destruktionsvorgänge hierher gehören, lehrt uns unschwer die Erwägung der Sachlage bei den Störungen der Reparation von Tubularia, bei der Tentakelresorption der Hydra, bei der Rückbildung der zu viel regenerirten Anlage von Stentor.

Was geht bei allen diesen Geschehnissen vor, damit es ermöglicht werde, dass etwas dort geschehe, wo gar nichts verändert worden ist?

Fragen wir uns, um hier tiefer eindringen zu können, einmal, was wir denn sonst aus der Physiologie der Lebewesen über Vermittelungen innerhalb des Organismus, abgesehen von den allbekannten nervösen Vermittelungen, wissen, was wir darüber wissen, in welchen ursächlichen Beziehungen Theile desselben zu einander stehen, und welche Effekte etwa die Wegnahme eines Theiles auf andere, ohne Rücksicht auf positive Regulationen, also in mehr negativer Weise ausübt: vielleicht gewinnen wir damit eine Handhabe, um auch die Vermittelungen bei Regulationen wenigstens hypothetisch zu begreifen.

Aus der Entwickelungsphysiologie kennen wir eine Reihe innerer Abhängigkeiten ontogenetischer Geschehnisse. Experimentell festgestellt ist eine Betheiligung von inneren formativen Reizen bei der

Ausgestaltung der Arme der Echinidenlarven [Herbst, 6] und die Beeinflussung der Regeneration durch das Nervensystem bei Crustaceen [Herbst, 7], die Wirkung richtender Reize bei der definitiven Ausgestaltung des Mesenchyms der Seeigellarven [Driesch, 1] und in einigen anderen Fällen. Diese Thatsachen machen aber selbst die Annahme vermittelnder Geschehnisse unbekannter Art nöthig, und nützen uns daher zur Aufklärung unserer Probleme wenig.

Auf Grund der Annahme »richtender Reize« mag immerhin jenes seltsame Wandern der Hirnanlage bei Stenostoma etwas weniger räthselhaft erscheinen.

Abgesehen von diesen wenigen, durch das Experiment sichergestellten Fällen ontogenetischer Abhängigkeitsverhältnisse sind nun durch meinen Freund Herbst [8] auf Grund ausgebreiteter, kritischer Litteraturstudien eine Fülle anderer Erscheinungen mit hoher Wahrscheinlichkeit in die Reihe solcher Abhängigkeiten gerückt worden, und nicht allein das, sondern es ist auch das Problem der Vermittelung in diesen Fällen von ihm einer eingehenden Diskussion unterzogen worden.

Unter Hinweis auf seine Schrift und Aufforderung zu ihrem eingehenden Studium können wir uns daher in Manchem kurz fassen.

So brauchen wir denn auch über die merkwürdigen Folgen der Kastration hier kaum etwas im Einzelnen zu bemerken. Sie sind besonders eingehend von Herbst studirt worden mit dem Resultate, dass hier in der That zwischen Keimdrüsen einerseits, sekundären Geschlechtscharakteren, Ausführgängen etc. andererseits eine ursächliche Verkettung komplicirter Art — viel komplicirterer Art, als man gemeinhin glaubte — vorliegt, dass aber diese Verkettung schwerlich als durch stoffliche Vermittelung geschehend gedacht werden könne: mit Recht bemerkt Herbst, dass, von Anderem abgesehen, schon allein die rein seitlichen Zwitter, d. h. diejenigen, welche auf einer Seite durchaus männlich, auf der anderen durchaus weiblich sind, gegen eine rein stoffliche, durch das Blut, das doch an beide Körpersciten gleichmäßig gelange, geschehende Vermittelung spreche; es muss mindestens noch etwas Anderes — Unbekanntes — dazukommen.

Es ist nun zuzugestehen, dass mit der Abweisung einer stofflich, durch die »Säfte«, geschehenden Beeinflussung in den erörternden Fällen ihr Werth für unsere Zwecke erheblich sinken muss: eine solche Vermittelung hätte man sich auch in Regulationsfällen immer

noch am besten, ohne an ganz Neues zu appelliren, vorstellen können.

Leider ist aber nicht nur hinsichtlich der Vermittelung der wirklich vorhandenen Kastrationsfolgen, sondern überhaupt, also namentlich bezüglich der viel erörternden Effekte der Exstirpation der Schilddrüse, und bezüglich des Aufhebens von Exstirpationsfolgen durch Ernährung mit Schilddrüsen- oder anderen Extrakten, die ganze Lehre von der sogenannten »sécrétion interne«[1] durch Munk [12] und Rieger [15] dermaßen, und zwar hinsichtlich der angeblich vorliegenden Fakten selbst, in Frage gestellt worden, dass es für uns, die wir mit Sicherem rechnen wollen, nicht geboten[2] erscheint, hier auf eine nähere Diskussion einzugehen.

So müssen wir uns denn fragen, ob es andere als die mit der Lehre von der »sécrétion interne« verknüpften angeblichen Fakten giebt, bei denen uns in mehr oder weniger deutlicher Weise die Betheiligung specifischer Stoffe am Zustandekommen oder an der Erhaltung typischen Organisations- oder Funktionsgeschehens vor Augen geführt wird.

Ich denke hier an gewisse, vorwiegend botanische Phänomene, wie sie in bald zu erörternder Weise Sachs [16] zu seiner Annahme der »organbildenden Stoffe« geführt haben:

Die sogenannte Panachure konnte [von Lindemuth] durch Pfropfung auf den grünblättrigen Partner bei Abutilon übertragen werden; das Umgekehrte war zwar nicht möglich. Wird das Reis einer Runkelrübe mit noch undifferenzirten Knospen einer jungen Rübe aufgepfropft, so entwickelt es sich vegetativ; auf einer älteren Rübe wird es zum Blüthenstand [nach 9, pag. 133 f.]. In engem Zusammenhang damit steht es wohl, dass z. B. bei Begonia die aus isolirten Blättern adventiv entstandenen Sprosse viel eher als sonst Blüthen erzeugen, wenn die Blätter einer blühreifen Pflanze entstammen [nach 5, pag. 39]; auch, dass bei Hydra Stücke aus einer (noch tentakellosen) Knospe rascher und zahlreicher Tentakeln bilden, als selbst größere Stücke der Leibeswand, gehört wohl hierher [Peebles 13]. Bei Achimenes fand Göbel [5, pag. 39] ein früheres Blühen an Adventivsprossen,

1) Eine Zusammenstellung der hierher problematischen Dinge findet sich in der Année biologique Bd. I. pag. 313 f.

2) Aus diesem Grunde ist auch oben die angebliche kompensatorische Umwandlung der Hypophysis in einen Ersatz der Thyreoidea nicht als bewiesener Fall regulatorischer Umdifferenzirung anerkannt worden. — Man vergleiche zur Schilddrüsenfrage auch die Darstellung von Herbst [8].

falls diese aus Blättern, die der Blüthenregion angehörten, entstanden waren, und bei Tubularia bilden Stammstücke, welche dem distalen Theile des ursprünglichen Individuums entstammen, am schnellsten Polypen und gestalten sie größer und tentakelreicher als andere [Driesch 2].

Was lernen wir aus allen diesen und verwandten Thatsachen für unseren Zweck?

Sachs zog, und wohl nicht ohne eine gewisse Berechtigung, aus ihnen den Schluss, dass hier typische »Stoffe«, er nannte sie »organbildende Stoffe«, einen Antheil am Ausfall des jedesmaligen Versuchsresultats hätten: Blätter einer blühreifen Pflanze oder solche aus der Blüthenregion sollten eben mehr »blüthenbildende Stoffe« enthalten als andere, ebenfalls, wenn es uns erlaubt ist, die Gedankenfolge von Sachs zu übertragen, die ältere Rübe im Vergleich zur jüngeren, daher durch Überströmen derselben bei der Saftbewegung das der älteren aufgepfropfte Reis eher zu blühen beginnt.

Fragen wir uns, was wir mit diesen Gesichtspunkten in unserer Frage anfangen können, so ist zunächst klar, dass die »organbildenden Stoffe« von Sachs recht wesentlich andere Dinge wären, als die problematischen Stoffe der problematischen Sécrétion interne: von den letzteren will man wissen, dass sie von Organen produzirt werden, die ersteren würden »für« Organe da sein; dieses »für« Organbildung Dasein — wir meinen es in ganz allgemeiner prospektiver Beziehung — wird besonders scharf ausgesprochen, wenn Loeb [10], in Verfolgung der Sachs'schen Ideen, versucht, die Bary- und Photomorphosen geradezu von den hydrostatischen oder photochemischen Beziehungen seiner organbildenden Stoffe abzuleiten.

Es ist offenbar, dass »von Organen geliefert« und »für Organbildung vorhanden« zwei recht verschiedene Dinge sind.

Die »organbildenden Stoffe« von Sachs sollen Stoffe sein, die für Bildung bestimmter Organe dienen und anderswoher stammen. Fragen wir uns zunächst: in welcher Art dienen sie dazu, und woher stammen sie?

Zur Erledigung der ersten Frage habe ich schon früher bemerkt [3, pag. 64; 4, pag. 746], dass sie nur in sehr allgemeiner Art »organbildend« sein dürften, nämlich entweder in einer bloß lokalisirenden Art, indem sie vielleicht bei Bary- oder Photomorphosen vermöge eines unbekannten Gerichtetwerdens durch die in Frage stehenden Agentien Anlass zur Entstehung von Gebilden an den betreffenden

Orten werden, oder in einer Art und Weise, welche es wohl erlauben würde, sie z. B. für den Fall der Begonia, der Rübe, der Tubularia, als »Mittel« der Organbildung anzusehen, indem sie nämlich gewisse chemische Bedingungen wären, deren Anwesenheit für Entstehung gewisser Theile des Organismus nöthig ist[1]). Man könnte schließlich noch eine Kombination ihrer beiden hypothetischen Rollen sich denken: sie könnten »Mittel« sein, die zugleich lokalisirend Organbildung hervorrufen, aber — mehr kann man unseren Stoffen auf keinen Fall aufbürden, und schon die eine Seite der ihnen hier zugeschriebenen Dinge ist durchaus hypothetisch; ich meine die, dass sie eine lokalisirend-reizende Rolle im Organbildungsgetriebe spielen sollen. In gewisser Weise lokalisirend wären sie natürlich auch als Mittel, indem nämlich dort, wo sie nicht sind, nichts entstehen kann; aber zwischen diesem passiven Nöthigsein und einem aktiven Hervorrufen ist doch ein gewaltiger Unterschied.

Man sieht: das, was in fundirter Weise, auf Grund gewisser, oben mitgetheilter Thatsachen, den »organbildenden Stoffen« aufgebürdet werden kann, ist wenig, was sich ihnen in mehr hypothetischer Fassung (Loeb's Theorie der Morphosen) zuschreiben lässt, ist auch nicht viel. Aber mehr können wir ihnen wirklich nicht zusprechen.

Denn, um früher [3, pag. 64] Gesagtes zu wiederholen: ein Spross, eine Blüthe, eine Wurzel sind so unendlich komplicirte Dinge, bestehen aus so vielen getrennten, in sich einheitlichen Theilen (meinen »Elementarorganen«), dass wir schon für jedes dieser Gebilde nicht einen, sondern sehr, sehr viele specifische Stoffe annehmen müssten; aber selbst dann fehlte uns die typische Ordnung unter den Konstituenten jener Organe; verlegten wir sie auch noch in unsere Stoffe, nun, dann wären aus denselben unter unseren Händen Weismann'sche Determinanten und andere schöne Dinge geworden,

---

1) Als Mittel in diesem Sinne fasste ich bei Tubularia einen gewissen rothen Stoff auf. Morgan [11] griff diese Ansicht kürzlich an. Ohne auf Sachliches hier einzugehen — es ist sehr problematisch — sei bemerkt, dass Morgan meine Ansicht betreffs jenes »Stoffes« durchaus nicht richtig wieder giebt; einen »formativen« Reiz, eine »Ursache« erblickte ich nie in ihm. Im Übrigen wird der Streitpunkt durch die Erörterungen des Textes erledigt. — Bei Bryopsis scheinen nach Winkler das Chlorophyll und dessen Assimilate die »Stoffe« zu sein, von denen als »Mitteln« die scheinbare Polarität dieser Form und ihre Organbildung abhängt. Das Licht wirkt durch diese »Mittel« lokalisirend. Näheres bei Winkler [17].

die uns gar nichts nützen. Auch lag eine derartige Ausbildung des Gedankens durchaus nicht im Sinne von Sachs und Loeb; sie dachten an die organbildenden Stoffe als an relativ einfache Dinge, freilich ohne sich vielleicht ganz klar zu machen, wie wenig dann doch mit ihnen selbst im günstigsten Falle gewonnen sein würde.

Immerhin wollen wir, unseren Gedankengang an früher Gesagtes wieder anschließend, gern zugeben, dass etwas mit ihnen gewonnen wäre. In einem Fall, der zwar hypothetisch ist und sich wohl durch eine Strukturtheorie ersetzen ließe (Morphosen)[1]), würden sie für die allgemeine Lokalisation komplexer Organe eine annehmbare Erklärung bieten und im anderen, als Mittel betrachtet, möchten gewisse Thatsachen, welche die Quantität, Größe und Geschwindigkeit von Formbildungen betreffen, aus ihnen abgeleitet werden können.

Fragen wir uns nun weiter: woher stammen jene Sachs'schen Stoffe? Sie stammen wohl aus dem allgemeinen Stoffwechsel, sollen aber im Sinne ihres Erfinders, mindesten in den meisten Fällen, nicht die bekannten Produkte desselben, wie Fette, Stärke etc. sein, sondern unbekannter, vielleicht fermentativer Art. Es ist klar, dass damit recht wenig gewonnen ist; wir erfahren eigentlich nur, dass sie da sind — weil sie gebraucht werden. Wurden sie doch, oder wenigstens ihre Bedeutung nur aus ihren Folgeerscheinungen erschlossen! Loeb zwar neigt einer etwas realistischeren Auffassung der fraglichen Stoffe zu, ohne leider bei seinen Objekten (Hydroiden) irgend etwas über ihre Natur angeben zu können. Ebenfalls thut solches Vöchting in seiner Knollenarbeit, und von ihm scheint mir ein gewisses Greifbares hinsichtlich jener Stoffe wenigstens insofern gewonnen zu sein, als er die typischen, wirklich vorhandenen Reservestoffe, wie Stärke, Inulin, mit ihnen identificirt. Zwar muthet Vöchting jenen Stoffen in organbildender Hinsicht nicht mehr zu als ich: auch nach seiner Ansicht könnten sie höchstens einen örtlichen Reiz für das Ingangtreten eines komplicirten morphologischen Vorgangs abgeben. Es wäre aber immerhin etwas Wirkliches gewonnen, wenn auch nur mit Wahrscheinlichkeit in gewissen Fällen typische Reservestoffe oder vielmehr der typische Reservestoffstrom als innerer formativer Reiz angesehen werden könnte.

---

1) Es sei auf den jüngst gemachten Versuch hingewiesen, den Geotropismus aus dem Anprallen specifisch sehr leichter Körperchen an die in verschiedener Weise (auf Grund primärer Struktur) reizbaren Theile der Plasmahaut abzuleiten [Haberlandt, Němec, s. Litt. zu A. IV].

Wollen wir jetzt aus der Analyse der Sachs'schen »organbildenden Stoffe« Nutzen für unsere Zweeke ziehen, so können wir es wohl nur bei Verwendung dieser letzten Form des Gedankens. Und können wir es selbst dann?

Denken wir einmal an das Faktum, dass nach Entnahme von Pflanzentheilen schon vorhandene Anlagen zu etwas Anderem werden als sonst, denken wir an die pflanzlichen Adventivbildungen, oder an jene von Mattirolo beschriebenen kleinen Ersatzblüthen an der Stengelbasis, oder an die vikariirenden Knollen Vöchting's. Wollten wir hier aus der Theorie der »organbildenden Stoffe« für unseren Zweck Nutzen ziehen, so wäre in letzterem Falle hypothetisch anzunehmen, dass Reservestoffe als Reiz abnorme Knollenbildung auszulösen vermöchten, nachdem die Möglichkeit normaler Knollenbildung genommen ist; in den ersteren Fällen wäre anzunehmen, dass die Pflanze zur Zeit der Operation Stoffe enthalten habe, welche sonst zur weiteren Ausbildung und zum Wachsen der vorhandenen Organe gedient hätten[1]): nunmehr aber, da sie die normale Verwendung nicht finden, vielleicht durch Steigerung ihrer Koncentration, in abnormer Weise formativ wirken.

Es mag zugegeben werden, dass das Alles möglich sei; ist es aber wahrscheinlich?

Erstens wäre es ganz ohne Analogie.

Wir wissen gar nichts darüber, dass normaler Weise etwa die Blüthenbildung durch von »anderswoher« stammende Stoffe ausgelöst werde, etwa durch eine Steigerung der Koncentration des Saftstromes oder durch specifische Assimilate: im Gegentheil, wir wissen, dass allzu gute Ernährung die Blüthenbildung hemmt, und es scheint uns, dass specifische »Blüthen-Stoffe« erst auf Grund der inscenirten Blüthenbildung entstehen, nicht umgekehrt, kurz, wir kennen »organbildende Stoffe« im Normalen wirklich nur im Sinne von nothwendigen (ernährenden) Mitteln, aber als gar nichts weiter.

Nun hat ferner Vöchting geradezu mitgetheilt, dass er bei der Kartoffel vikariirende Knollen, die keine Stärke führten, beobachtet habe!

Damit wird die Auffassung der Stoffe des Saftstromes als »Reize« eine im höchsten Maße unwahrscheinliche Sache nicht nur für das Normale, sondern selbst für unser Vermittelungsproblem.

---

1) Mattirolo redet von Stickstoffverbindungen.

Wenn also nach Entnahme des Hauptsprosses bei der Kartoffel die sonst Knollen erzeugenden Ausläufer zu Ersatzsprossen werden, wenn in anderen Fällen nach Fortnahme von Theilen schon vorhandene differenzirte Knospen verfrüht austreiben, um von allen komplicirteren Fällen abzusehen, so scheint es uns selbst bei diesem Restitutionsgeschehen einfachster Art nicht erlaubt anzunehmen, dass der strömende Saft der Pflanze, dem durch die Amputation sein normales Verbrauchsziel genommen ist, nunmehr dadurch, dass er den vorhandenen Anlagen oder differenzirten Knospen zuströmt, zugleich den hinreichenden Anlass (»Reiz«) dafür abgäbe, dass diese sich in specifischer Weise anders ausgestalten (Anlagen) oder sich früher fertig bilden (differenzirte Knospen). Freilich ist jener Saft nothwendig für alles folgende Geschehen, aber er löst es nicht aus, sondern das besorgt ein »Anderes«; damit aber ist zugleich gesagt, dass jener Saft nicht die Rolle einer Vermittelung zwischen primärem Reiz und Effekt in unserem Sinne spielt, sondern dass diese Rolle eben jenem »Anderen« zufalle. Wollte aber Jemand hier einwenden, dass wir oben doch in manchen Fällen eine quantitative oder qualitative Verstärkung der Leitungsgewebe unmittelbar durch die in Folge erhöhter Transspiration verstärkte Saftströmung zugelassen haben, so ist darauf zu erwiedern, dass in diesem Falle die Intensität der Strömung, also etwas Mechanisches den Reiz abgab, dass dabei aber von »specifischen Stoffen« überhaupt nicht die Rede war.

Um also zum Schlusse zu kommen: wir geben die Möglichkeit, dass Stoffe des Saftstromes, von einer bestimmten Intensität der Concentration an, durch formative Reizwirkung bei gewissen pflanzlichen Restitutionen zwischen primärem Reiz und Reaktion vermitteln möchten, immerhin zu, bezeichnen sie aber als sehr unwahrscheinlich; die Annahme wäre ohne jede Analogie, wäre eine ad hoc erfundene Hypothese.

Als wahrscheinlicher bezeichnen wir es, dass die Quantität der anwesenden allgemeinen Saftstromstoffe für das Quantitative an Regulationsbildungen verantwortlich sei, indem jene Stoffe überhaupt nothwendige Mittel der Organbildung wären. Das wäre aber keine Reizvermittelung in unserem Sinne, höchstens eine Quantitätsvermittelung.

Denn dass etwas ohne eine bestimmte Bedingung nicht geschehen könne, heißt offenbar nicht, dass es bei Erfüllung dieser Bedingung geschehen müsse, und heißt erst recht nicht, dass es aus dieser Bedingung verständlich sei.

In diesem Satz ist die möglicherweise von den Sachs'schen organbildenden Stoffen gespielte Rolle ganz allgemein, nicht nur für unseren besonderen Zweck gekennzeichnet.

Diese Stoffe leisten uns also, wenn wir uns nicht mit ganz unwahrscheinlichen hypothetischen Dingen zufrieden geben wollen, gar nichts für den Zweck einer regulatorischen Vermittelung.

Dass wir überhaupt so eingehend auf diese Seite der »Organstofffrage« eingingen, geschah nur mit Rücksicht darauf, dass gegenwärtig viele, und nicht nur schlechte Forscher dazu neigen, das Quantitative, auch wo es ganz oder fast bedeutungslos ist, auf Kosten des Qualitativen emporzuheben. —

Sahen wir ein, dass »organbildende Stoffe«, in der ihm von Sachs gegebenen oder ähnlicher Bedeutung dieses Ausdrucks, d. h. Stoffe des Organismus »für« Organbildung, weder das Verständnis der Organbildung an sich noch das Verständnis der Vermittelung von Regulationen wesentlich fördern können, und erkannten wir schon oben, dass die als Produkt einer sécrétion interne ausgegebenen Stoffe so problematisch seien, dass sie überhaupt keiner eingehenden Diskussion bedürfen, so fragt es sich denn, ob wir überhaupt im Stande seien, über unser Vermittelungsproblem irgend etwas Handgreifliches auszusagen.

Wir wollen wissen, auf welche Weise die Entnahme gewisser Theile des Organismus gewissen anderen, von der Entnahmestelle entfernt gelegenen Theilen desselben mitgetheilt werden kann; einer derartigen Mittheilung bedürfen wir für viele Fälle der Regulation.

Ja wenn wir etwas tiefer gehen und hier schon auf ein Problem hinweisen, welches nicht nur die Örtlichkeitsbeziehungen zwischen Reiz und Reaktion betrifft, so möchten wir wissen, wie es einem fremden Orte mitgetheilt werden kann, dass gerade von diesem entnommenen ganz Specifischem die Wiederbildung nöthig ist.

Veränderung der ernährenden Organsäfte hinsichtlich ihrer Concentration dadurch, dass der weggenommene Theil eben nicht mehr konsumirt, nützte uns, wie wir soeben sahen, nur in sehr allgemein quantitativer Hinsicht, und nützt uns, was immerhin hier erwähnt sein mag, zum Verständnis der Kompensationshypertrophie funktionirender Organe, also z. B. der funktionirenden Niere, vielleicht ein wenig, da hier im Ausscheiden gewisser Saft-(Blut-)Bestandtheile eben die Funktion des fraglichen Organs besteht, und da eine Stärkung durch Funktionsausübung hier anderweitig bekannt ist; die kompensatorische Hypertrophie funktionirender Organe wäre bei dieser

Auffassung gar keine Restitutions- sondern eine Adaptationsregulation. Aber schon die Thatsache, dass es auch kompensatorische Hypertrophie noch nicht funktionirender Organe giebt, beraubt diese Erklärung ihrer Allgemeinheit und macht sie überhaupt verdächtig.

Wenn nun auch der Gedanke, es würden von allen Organen stetig gewisse specifische Stoffe gebildet, um einen Bestandtheil der Säfte zu bilden, und die Anwesenheit dieser Stoffe sei für das normale Getriebe der organischen Funktionen nothwendig, wenn nun auch dieser Gedanke einer sécrétion interne jedes sicheren Haltes entbehrt, so werden wir wohl überhaupt darauf verzichten müssen, die »Vermittelung« der Regulationen mit Begriffsmitteln zu verstehen, die wir anderen Specialgebieten oder dem allgemeinen gegenwärtigen Wissenschaftsstande entlehnt haben.

Wir müssen uns also für unsere Probleme neue Mittel zum Verständnis schaffen. Aber woher sie nehmen? Hier können wir zur Zeit nicht mehr aussprechen als einige problematische Direktiven: vielleicht mögen sie sich dem Richtigen nähern, vielleicht auch nicht.

Ist auch die Lehre der sécrétion interne in ihrer jetzigen Form ohne wirklich sichere Stütze, so mag trotzdem ihr Grundgedanke, dass Spuren von Stoffen es sind, die bei der Vermittelung von Restitutionen eine Rolle spielen, für gewisse Fälle vielleicht einst Bedeutung gewinnen [1]).

Kennen wir doch gewisse typische, differenzirte Gebilde an Organismen, deren Entstehung notorisch durch kleine Mengen räthselhaft wirkender, jedenfalls nicht ernährender Stoffe ausgelöst wird: wenn solches bei den Gallen möglich ist, darf auch der Gedanke, dass specifische, wohl fermentartige Stoffe bei der Vermittelung restituirender Regulationen thätig seien, nicht ganz von der Hand gewiesen werden.

Natürlich bestimmt die Stoffspur bei den Gallen nur die Örtlichkeit und vielleicht einen gewissen Allgemeincharakter des Geschehens,

---

1) Obwohl ich also nicht umhin kann, die gegen die Lehre von der sécrétion interne in ihrer jetzigen Gestalt geltend gemachten Gründe anzuerkennen, bin ich doch nicht durchaus abgeneigt zu glauben, dass etwas Richtiges dem Kern dieser Lehre zu Grunde liegt. Ich gebe zu, dass dieser Glaube zur Zeit mehr dem Wunsch als dem Wissen entspringt. Man erwäge aber zum Beispiel die von Ribbert [14] einmal hervorgehobene Thatsache, dass transplantirte Mammae auch am unrechten Orte zur rechten Zeit funktioniren! Nervöse Vermittelung ist da wohl ausgeschlossen; an stoffliche zu denken liegt in der That nahe.

nicht mehr, nicht das Specifische dieser oft hoch komplicirten Gebilde, aber mehr verlangen wir ja von unseren Vermittelungsfaktoren zunächst auch nicht.

Wenn wir uns freilich weiter fragen, was Alles sonst noch bei Restitutionen »vermittelt« werden muss, damit ein Gebilde entstehen könne, welches mehr oder weniger genau dem Entnommenen gleiche, dann werden wir uns vielleicht sagen, dass allem dazu Nöthigen auch noch die rein örtliche Vermittelung aufgebürdet werden könne, und dass wir unsere Stoffhypothese ganz gut entbehren könnten.

Dann aber stünden wir vor ganz Neuem, zur Zeit Räthselhaftem. Darf man hier an sogenannte Fernwirkungen denken? — Ist das neuerdings so beliebte Auskunftsmittel, von allen Geschehnissen, über die man gar nichts weiß, zu sagen, sie seien »chemisch«, vielleicht ein großer dogmatischer Irrthum?

So ist denn der ganze Gewinn dieses langen Kapitels nur ein Fragezeichen. —

Wollen wir wenigstens einen neuen Begriff ihm gewinnen, so mag bemerkt sein, dass der unbekannte Vermittelungsfaktor bei Restitutionen, als das eigentlich die Reaktion auslösende, die Bezeichnung des wahren oder sekundären Reizes verdienen würde. Primärer und wahrer Reiz würden also bei Restitutionsregulationen Zweierlei sein, bei anderen Regulationen zusammenfallen.

4. Die specifische Örtlichkeit der Regulationen. Die Vertheilung der regulativen prospektiven Potenzen.

Warum gehen Regulationsvorgänge von einem ganz specifischen Orte aus und von keinem anderen, auch wenn der Reiz den Organismus in seiner Allgemeinheit traf oder eine andere specifische Örtlichkeit hatte als die Reaktion? Wollen wir eine ganz allgemeine Antwort auf diese Frage geben, so kann es wohl nur diese sein: weil eben nur ganz bestimmte Stellen des Organismus reagiren können in jedem gegebenen Falle, sei es, dass sie allein den auch andere Stellen treffenden wahren Reiz überhaupt als Reiz zu empfangen vermochten, sei es, dass sie unter mehreren Orten, die zu reagiren vermocht hätten, vermöge ihrer Lage zum Reize stärker als andere von ihm betroffen wurden, so dass nur für sie der Reiz die »Reizschwelle« überschritt.

Trifft ein Reiz in der früher erörterten Weise den Organismus durch Funktionsstörung als Ganzes, so werden es immer die der gerade in Betracht kommenden Funktion vorstehenden Gewebe sein, welche reagiren: so bei Dehnung von Pflanzen durch Zug, worauf nur die »mechanischen« Elemente reagiren und so fort. In dem Sammelbegriff »funktionelle Anpassung« ist dem Geschilderten Ausdruck verliehen. Auch wo es sich nicht um Morphologisches handelt, wie bei der Regulation der Durchlässigkeit von Häuten (Schutz gegen Plasmolyse u. A.), ist das auf den allgemeinen Reiz (Wasserentziehung) als Specifisches Reagirende immer ein Solches (Plasmahaut), dem diejenige Kategorie von Erscheinungen, welcher auch das schädigende Agens angehörte (Stoffe des Mediums), als eigentliches Funktionsgebiet obliegt.

Zumal wo es sich um morphologische Dinge handelt, aber in gewissem Sinne überhaupt wo Regulationen in Betracht kommen, werden wir uns mit Vortheil eines früher für speciellere Zwecke geschaffenen Begriffes zur Aufhellung der Sachlage bedienen, des Begriffs der prospektiven Potenz[1]).

Der Begriff »prospektive Potenz« ist von mir ursprünglich für Zwecke der reinen Entwickelungs- oder Differenzirungsphysiologie geschaffen, um das mögliche Schicksal embryonaler Theile zu bezeichnen. Er kann sich einmal auf die Zahl der möglichen Schicksale an einem gegebenen Ganzen beziehen: in diesem Sinne ist die prospektive Potenz »zwiefach«, »mehrfach«, »begrenzt«, »unbegrenzt« etc. Bezieht er sich auf Theile, aus denen ein Ganzes besteht, so wird dieses Ganze ein »äquipotentielles« oder »inäquipotentielles System« oder anders benannt.

Alle der reinen Entwickelung zu Grunde liegenden Potenzen nannte ich primäre. Primäre Potenzen können sich auch als Folgen von Störungen weiter äußern, wenn die Art der Störungen so war, dass sie ohne Bedarf neuer, nicht rein ontogenetischer Mittel rektificirt werden können: bei dem, was oben (pag. 74 ff.) vorläufig als »implicite Regulation« bezeichnet war und später wieder zur Sprache kommen wird, war das der Fall.

Sekundäre Potenzen liegen allen echten oder expliciten Regulationen zu Grunde.

---

1) Dieser Begriff ist eingeführt in meiner »Analytischen Theorie« (1894) pag. 77. Weiteres siehe in der »Lokalisation« und im »Referat 1899« der Ergebnisse der Anat. u. Entw.

Es ist klar, dass wir hier, wo wir die specifische Örtlichkeit der Regulationen studiren, eigentlich von der Vertheilung der sekundären Potenzen im Organismus handeln: denn die sekundären Potenzen der Theile sind es, auf Grund deren regulatives Geschehen vor sich geht.

Zur Erläuterung des Gesagten mag noch bemerkt sein, dass sekundäre Potenzen also ins Spiel treten, ganz unabhängig davon, ob die primären ihre Rolle beendet haben oder nicht, ja meist wohl nach ihrer Beendigung. Gerade das »Fertigsein« von Theilen galt uns im beschreibenden Theil ja als Kennzeichen dafür, dass wirkliche explicite Regulationen (z. B. Umdifferenzirung) an ihnen vor sich gingen, und dieses »Fertigsein« bedeutete eben das Ende der Rolle der primären Potenzen (s. o. pag. 83).

Über die Vertheilung und Art der sekundären Potenzen im Organismus lässt sich nun allgemein nur dies Eine sagen, dass sie meist recht beschränkt vertheilt und inhaltlich recht specificirt sind; festzustellen, in welchem Grade solches jedes Mal der Fall sei, ist, wie das Feststellen alles Specificirsehen am Organismus, Sache der Erfahrung, wobei es in jedem Falle auszumachen sein wird, wie sich die sekundäre prospektive Potenz in Hinsicht ihrer beiden Charakteristika, in ihrer Beziehung auf die vermöge ihrer möglichen Mannigfaltigkeiten (als einfache, zwiefache, beschränkte etc.) und in ihrer Vertheilung auf die Theile eines gegebenen Ganzen verhält.

5. Beschränkungen der Regulation.

Beschränkungen hinsichtlich der Vertheilung der regulativen Potenzen liegen stets vor, wenn nicht jeder Theil des Organismus Regulatives zu leisten vermag, hinsichtlich der Art oder besser des Umfangs derselben, wenn nur für gewisse Fälle der Störung Regulation möglich ist; meist ist Beides vereinigt.

Dass die Ermittelung der wirklichen Sachlage in jedem Falle Aufgabe der Einzelforschung ist, wurde schon oben betont; es mag beigefügt werden, dass diese Einzelforschung sich hüten muss, gar zu willig an vorhandene Beschränkungen zu glauben: zeigen uns doch die Gallen, dass es sekundäre Potenzen im Organismus geben kann an Orten, wo man auf Grund der verschiedenartigsten Versuche von ihrer Existenz nichts geahnt hätte[1]).

1 Diesen Gedanken äußert schon De Vries, natürlich in seiner Ausdrucksweise, indem er von latenten Eigenschaften etc. redet. (Intracell. Pangen.)

Da die Thatsache der regulativen Beschränkung ganz allgemein bekannt ist, begnügen wir uns mit der Aufzählung weniger typischer Fälle um so eher, als uns in diesem Abschnitt eigentlich mehr an einer aus ihm unmittelbar zu ziehenden Folgerung, als an seinem Inhalte selbst gelegen ist.

Gäbe es Beschränkungen der Regulation nicht, so würden die Organismen überhaupt nicht sterben, sie könnten höchstens vorübergehend krank sein. Wie aber der Tod der Organismen nichts gegen die Existenz ihres Lebens beweist, so beweisen auch Beschränkungen der Regulationen im Allgemeinen nichts gegen diese.

Solche Erwägung sei Allem vorangestellt. —

Säuger regeneriren nicht die Gliedmaßen. Ganglienzellen werden bei höheren Vertebraten, wie es scheint, nur in den Spinalganglien, nicht in den Centren ersetzt; Lücken im Nervenzellgewebe werden hier durch Bindegewebe ausgefüllt. Asterias regenerirt sich nur, wenn dem Arm ein Scheibenstück angefügt ist (King).

Medusen regeneriren nur Rüssel und Tentakeln (Morgan); auf gleicher Stufe der Beschränktheit steht der Kopf der Tubularia, während ihr Stamm alles Denkbare leistet (Driesch); der Kopf der Hydra aber vermag Vieles regulativ zu leisten.

Bei Planaria ist, im Gegensatz zu der großen regulativen Fähigkeit des übrigen Körpers, der Pharynx stark beschränkt, er kann sich nur rückbilden, falls er für ein sich restituirendes Stück zu groß ist (pag. 71); die vor dem Auge gelegene Kopfregion, welche keine Darmäste und keine Nervenzellen mehr enthält, kann gar nichts leisten.

Bei Pfropfungen von Pflanzentheilen zeigten sich nach Vöchting's Untersuchungen auffallend wenig Regulationen im Gegensatz zu der sonst beobachteten Plasticität dieser Gebilde.

Die durch Superregeneration entstandenen Doppelschwänze der Amphibien oder Doppelarme der Asteriden werden nicht durch regulative Rückbildung aufs Normale gebracht, im Gegensatz zu Befunden bei Stentor, Asteriaslarven u. A.

Die Weide, die Pappel lassen sich durch Stecklinge vermehren, die Buche nicht.

In der Unabhängigkeit der Entwickelung gewisser Organismentheile von anderen (»relative Selbstdifferenzirung«)[1] kann sich ein regulatorisches Unvermögen der Organismen offenbaren, so wenn bei Ctenophoren isolirte Blastomeren halbe Larven bilden, wenn sich das

1) Siehe mein »Referat für 1898« in den »Ergebnissen« pag. 834 f.

isolirte Ektoderm der Echiniden für sich weiter zu »Anenteriis« ausgestaltet u. s. f. Viele Missbildungen entstehen durch dieses Weiterbilden von Theilen ohne Rücksicht auf das Ganze; mit Recht hat Lotze[1]) solches Geschehen geradezu als unheimlich bezeichnet.

Aber auch in der Abhängigkeit der Theile von einander kann sich unter Umständen ein regulatorisches Unvermögen offenbaren, so wenn Abtrennung vom Centrum Atrophie nach sich zieht.

Die in der Antitoxinbildung zu Tage tretende Fähigkeit des Organischen regulativ specifische Stoffe zu bilden, scheint, obwohl nicht unbeschränkt, doch in recht weitem Umfange zu gelten. Die Fähigkeit specifische Stoffe verarbeiten zu können, ist dagegen viel beschränkter, wie sich an der geringen Zahl assimilirbarer Stoffe zeigt; so können, um nur eins zu sagen, die N-Verbindungen für Pflanzen nur in sehr geringem Grade einander vertreten; auch die Herbst'schen Untersuchungen über die zur Entwickelung nothwendigen Salze haben eine Vertretbarkeit derselben nur in sehr bescheidenem Maße kennen gelehrt.

Sehr oft kann wohl der Satz gelten, dass bei bestimmten Organismen eine Seite des regulativen Geschehens auf Kosten anderer ausgebildet ist: so ist es geradezu einer der Hauptunterschiede von Thier und Pflanze, dass die hier nicht zu erörternden Bewegungsregulationen das erstere, die Fülle der Wachsthumsregulation im weitesten Sinne die zweite kennzeichnen.

Alle Beschränkung der Regulationsfähigkeit, d. h. des nicht specifisch Fixirten, ist durch gegebenes festes Specifisches, was eben nach anderer Richtung hin Vortheile bietet, bedingt. Wir können mit anderen Worten sagen: feste Einrichtungen des Organismus beschränken die Regulation oder bestimmen ihr wenigstens den Umfang. Ich führte früher schon einmal aus, dass manche Formen, z. B. Anneliden, den Vortheil, in ihrer Entwickelung sehr früh alle Organe bei einander zu haben, mit der Nichtregulirbarkeit ihrer Blastomeren erkaufen müssen (Anal. Theorie pag. 140).

Alles in Allem können wir wohl sagen — und damit kommen wir zum Schlusse und zu etwas Wesentlichem — dass bei jeder Organismenart das Regulatorische nur gewisse Felder seines Geltungsbereichs hat. Aber einige solcher Felder hat es stets.

Wenn es somit auch Felder giebt, wo Regulation nicht gilt, so beeinträchtigt das doch nicht ihr Dasein und ihre

---

1) Allg. Physiol. d. körperl. Lebens. Leipzig 1851.

Gesetze dort, wo sie gilt; das kann nicht oft genug wiederholt werden.

Die Geltungsfelder von Regulationsgeschehen werden ausgedrückt durch empirische deskriptive Regeln; das Regulationsgeschehen selbst werden wir später ausdrücken durch analytische Gesetze.

Es stört die Gültigkeit der Gesetze nicht, wenn eine Regel aussagt, dass die Bereiche, in denen sie überhaupt Anwendung finden, beschränkt sind. Solches behaupten wäre ebenso, »wie wenn man gegen die Definition einer Uhr als eines zur Zeitmessung dienenden Instruments den Einwurf machen wollte, dass es ja doch auch stillstehende und zerbrochene Uhren giebt, oder gehende Uhren ohne Zeiger« (Liebmann). Einwürfe dieser Art werden aber in der Biologie fortwährend gemacht[1]).

Es beweist nichts gegen die bei der Differenzirung harmonisch-äquipotentieller Systeme geltenden Gesetze, dass der Ctenophorenkeim kein solches System ist, nichts gegen das Principielle an der Antitoxinbildung, dass sie nicht immer stattfindet, nichts gegen die Gesetzlichkeit der Regeneration, dass der Mensch seine Gliedmaßen nicht regenerirt.

Wir mussten uns in diesem Abschnitte damit begnügen, die Thatsache der Beschränkung der Regulationsgeschehnisse zu konstatiren und vor falschen aus ihr gezogenen Schlussfolgerungen zu warnen. Ebenso aber wie wir ein tieferes Eindringen in den Charakter der den Regulationen zu Grunde liegenden Potenzen vorläufig vertagen mussten, wird es uns auch erst später, auf Grund von Erwägungen allgemeinerer Art möglich sein, einzusehen, was wohl der letzte Grund aller beim regulativen Charakter der Lebensgeschehnisse auftretenden Beschränkungen sein möchte.

---

1) Z. B. hinsichtlich der Regeneration der Tritonlinse von Fischel u. A.

Als besonderes Kuriosum erwähne ich eine Kritik über Cossmann's »empirische Teleologie« in der »Naturwissenschaftlichen Rundschau«, in welcher Cossmann der Vorwurf gemacht wird, er citire nur solche Beispiele, »die einer teleologischen Auffassung das Wort zu reden scheinen«. Der betreffende Recensent würde es wahrscheinlich auch einem Darsteller der Hirnfunktionen vorwerfen, dass er notorisch nicht-nervöse Erscheinungen, beispielsweise das Wachsthum der Pflanzen, in seiner Arbeit überginge!!

6. Das Specifische des Regulationseffektes. Der Regulationsmoment.

Es erübrigt uns, Einiges über die Charakteristik des Regulationseffektes zu sagen.

Der Regulationseffekt ist eine am Organismus sich abspielende Reaktion, in vielen Fällen eine formbildende Reaktion: es ist daher klar, dass das ihn Kennzeichnende einerseits in allem Denjenigen besteht, was überhaupt Reaktionen des Organischen kennzeichnet. Es hätte aber wenig Zweck, solches in dieser Studie zum Gegenstand einer eingehenden Betrachtung zu machen: man findet es z. Th. in den Werken über Physiologie, z. Th. wäre das zu wiederholen, was ich in meinen zusammenfassenden Darstellungen der Entwickelungsphysiologie mitgetheilt habe. Bei morphologischen Regulationen insbesondere könnte man über die Mittel reden, unter deren Verwendung die Regulation verläuft, wie Zelltheilung, Wachsen, Sekretion, man könnte über die Zahl und Größe der gelieferten Produkte Betrachtungen anstellen, über die Beendigung der einzelnen regulativen Theilvorgänge. Alles das würde den specifischen regulativen Charakter dieser Vorgänge nicht berühren.

Dieser macht sich allemal nur in Bezug auf etwas geltend. In streng analytischer Weise reden wir davon später; hier sollen nur ganz allgemeine Kennzeichen des Bezuges von Regulationsvorgängen Platz finden.

Regulationen stellen in sehr vielen Fällen Fehlendes wieder her, insofern haben sie specifischen Bezug zu dem Fehlenden; wir nennen diese Gruppe mit dem schon früher gebrauchten Namen Restitutionsregulationen[1]).

In anderen Fällen stellen sie unmittelbar die gestörte Proportionalität des Funktionirens zu den dasselbe bedingenden äußeren Faktoren wieder her, indem sie die Funktion mit Bezug auf die Störung ändern; wir nannten diese Fälle schon oben Funktionsregulationen[2]).

Andererseits können sie mittelbar zu Wiederherstellungen der gestörten Proportionalität der Funktionen dienen, indem sie die Grundlagen des Funktionirens mit Bezug auf die Störung

---

1) Beispiel: Regeneration des Regenwurmkopfes.

2) Beispiel: Vikariirender Konsum organischer Nährstoffe bei Pilzen.

ändern; wir wollen solche Fälle im engeren Sinne hier Adaptationen nennen[1]).

Endlich hemmen sie Störungen; wir nennen das Hemmungsregulationen.

In den vier hier geschaffenen Bezeichnungen ist die teleologische Charakteristik des Specifischen der Regulationen ausgedrückt, in rein deskriptiver Weise.

Einer nähren Erläuterung bedürfen wohl nur die Hemmungsregulationen, da sie wegen ihrer relativen Seltenheit in unseren allgemeinen Klassifikationserörterungen keine gesonderte Rolle spielten, sondern der großen Gruppe der Adaptationsregulationen beigezählt waren. Es wird in diesen Fällen die Störung nicht durch eine Funktionsänderung am Gestörten ausgeglichen, sondern durch Aufhebung der Störungsursache, indem diese unwirksam gemacht wird: hierher zählt in Strenge die Antitoxinbildung und die Bildung bakteriolytischer Stoffe, die Änderung der Durchlässigkeit der Plasmahaut bei geändertem Medium und die »Stimmungs«-erscheinungen. Funktionsänderungen liegen hier zwar auch vor, aber teleologisch stehen diese Änderungen wohl nicht unmittelbar in Beziehung zu Funktionsstörungen, sie betreffen nicht die gestörte Funktion selbst oder wenigstens nicht alle gestörten Funktionen, sondern nur deren eine, welche gleichsam im Dienst des allgemeinen normalen Verhaltens steht. Auch die Phagocytose gehört teleologisch hierher.

Man wird bemerken, dass alle hier genannten Fälle zu derjenigen Gruppe von Regulationen gehören, bei welchen die Örtlichkeitsbeziehung zwischen primärem Reiz und Reaktion in einer Specifikation des Reaktionsortes im Vergleich zum Reizort bestand (pag. 109).

So wäre denn das Specifische an Regulationseffekten, die eigentliche Folge des wahren Reizes, so weit es ohne tieferes analytisches Eindringen angeht, gleichsam deskriptiv gekennzeichnet: dieses Specifische ist, als Reaktionsgeschehen, wie anderes Reaktionsgeschehen, sei es funktionell oder morphogen, charakterisirt, es trägt aber außerdem eine teleologische Charakteristik, die sich wohl in viertheiliger Manigfaltigkeit erschöpft: es ist restituirend, oder funktionsrektificirend, oder formadaptiv, oder störungshemmend.

---

1) Beispiel: Verstärkung der Cuticula, Haarbildung etc. bei starker Trockenheit und Transspiration, als Schutz gegen letzteren. Aber auch, und hier nicht formativ, die Erhöhung des Turgors bei Verstärkung zu überwindender Wachsthumswiderstände.

Ein ganz bestimmter Zeitpunkt ist es allemal, in welchem das Lebensgetriebe des Organismus an einem oder an mehreren Orten regulativ, also abnorm-geändert, zu werden beginnt, in welchem der »wahre Reiz« seinen Effekt zeitigt: wir nennen diesen Zeitpunkt »Regulationsmoment«. Nach dem Regulationsmoment läuft das regulative Geschehen, wenn es komplicirten Charakters ist, als Vorgang für sich ab; wenn es einfach war, folgt auf ihn wieder das Spiel der Reaktionen, welche nur an einem Punkte gleichsam eine Richtungsänderung erlitten. Man wird bemerken, dass ich bei der Wahl dieses Ausdrucks besonders die »Stimmungs«-erscheinungen im Auge habe.

Der Begriff des Regulationsmomentes ist der einzige wirklich analytische Gewinn dieses Abschnittes.

7. Rückblick auf die Analyse des Regulationsverlaufs.

Der primäre Reiz bei Regulationen besteht in einer Entnahme von Theilen oder in einer Funktionsstörung. Er kann örtlich mit dem Effekt zusammenfallen, oder ganz allgemein den Organismus treffen, in welchem Falle die Örtlichkeit des Effektes im Verhältnis zur Reizörtlichkeit specifieirt ist, oder andere Örtlichkeit als der Effekt besitzen.

In letzterem Falle werden Vermittelungen des primären Reizes nothwendig, welche sich bisweilen vielleicht stofflich äußern, meist aber wohl in gänzlich unbekannter Weise. Sie schaffen hier den sekundären oder wahren Reiz, während in jenen anderen Fällen des Örtlichkeitsverhältnisses von Reiz und Regulation der primäre Reiz zugleich der wahre war.

Regulationen, seien sie funktionell oder formbildend, haben sekundäre prospektive Potenzen (im Gegensatz zu den primären, die dem normalen Geschehen zu Grunde liegen), zur Voraussetzung. In der Verschiedenheit der specifischen Vertheilung und des specifischen Inhalts dieser Potenzen sind zugleich die Beschränkungen des regulativen Geschehens gegeben.

Da alles regulative Geschehen zugleich Reaktionsgeschehen ist, so hat seine Specifität zugleich die allgemeinen physiologischen oder morphologischen Kennzeichen dieses; sie hat aber außerdem besondere teleologische Kennzeichen von jedes Mal besonderer Art.

Den Zeitpunkt des Einsatzes einer Regulation nennen wir den Regulationsmoment.

8. Anhang: Von der Verbesserung der Regulationen durch schon stattgehabten Verlauf.

Wenn wir von der Gesammtheit der organischen Regulationen in dieser Studie handeln würden, so würde dieses Kapitel eines der wichtigsten werden und sehr eindringende begriffliche Analyse erfordern. Da wir aber die koordinirten Bewegungen außerhalb unseres Programmes gestellt haben, wird es eines der kürzesten und kann nur in der Aufzählung einiger weniger Fakten bestehen. Denn bei den Regulationsarten, die wir studiren, sind Verbesserungen durch stattgehabten Verlauf nur in wenigen Fällen bekannt.

Bei den koordinirten Bewegungen knüpft sich das namhaft gemachte Problem an die psychologischen Worte: Übung, Erfahrung, Gedächtnis. Sie gehen uns hier nichts an; wohl aber geht es uns an, dass oftmals in unklarer Weise Fakten des uns in dieser Studie interessirenden Gebietes mit jenen Worten in Verbindung gebracht sind, die nichts mit ihnen zu thun haben, wodurch fälschlich der Anschein erweckt ward, als gäbe es im Gebiete der »vegetativen« Regulationen viel mehr Beispiele von Regulationsverbesserungen, als es der Fall ist.

Es ist nämlich klar, dass die »Gewöhnungen« an Gifte, hohe Temperaturen, Koncentrationen etc. gar nichts mit der »Übung« bei koordinirten Bewegungen zu thun haben. Man ward vielleicht durch die Möglichkeit, Immunitäten und Verwandtes sucessiv zu steigern, zu diesem Irrthum veranlasst. Das Tertium comparationis, das »Successive«, bezieht sich aber beide Male auf ganz verschiedene Dinge. Gewöhnung an Gifte ist ebensowenig »Übung«, wie es »Übung« ist, dass ich leichter auf einen Berg komme, wenn ich schon zu drei Vierteln oben bin, als wenn ich am Fuß zu beginnen habe.

Ebenso fälschlich sind die Erscheinungen der sogenannten »funktionellen Anpassung« mit echter »Übung« zusammengeworfen worden, wohl weil sie sich als Begleiterscheinung wirklicher »Übung« zeigen können. Dass aber die Muskeln eines Turners dadurch, dass er sich komplicirte Bewegungskoordinationen »einübt«, stärker werden, hat mit der »Übung« als solcher gar nichts zu thun, sondern ist jeweils nur Folge der häufigen Inanspruchnahme eben dieses Muskels. Vielleicht rührt die Verwechslung auch daher, dass bei wirklicher »Übung« die »funktionelle Anpassung« gewisser Nerven — zwar in einer Weise, die wir nicht durchschauen — eine Rolle mitspielt; aber

das Wesentliche der auf Gedächtnis und Erfahrung beruhenden »Übung« und diese mitbetheiligte Nervenadaptation sind darum doch grundverschiedene Dinge etc.

Will man hier aber einwenden, dass der durch »funktionelle Anpassung« gestärkte einzelne Muskel nun doch auch in Folge dessen »besser« reagire, so ist dem zu entgegnen, dass dieses »besser« nur im Sinne von »mehr freie Energie produciren könnend«, nicht aber im Sinne von »prompter, rascher« gemeint ist; ein und dieselbe Reaktion wird, so weit ein bestimmter Muskel in Frage steht, durchaus nicht »besser« das zweite Mal ausgeführt, der Muskel kann nur jetzt Reaktionen von einer Intensität ausführen, von der er sie früher nicht leisten konnte. Übrigens haben Loeb und Vernon hypothetisch gezeigt, dass »funktionelle Anpassung« beim Muskel durchaus kein unmittelbares, sondern ein vielfältig vermitteltes Geschehen ist; es handelt sich hier durchaus um einen deskriptiven Kollektivbegriff [1]). —

Die wirklich vorliegenden Fälle einer Verbesserung der Regulationen durch ihren Verlauf sind, wie schon gesagt, sehr wenig zahlreich und unter sich so heterogen, dass wir es bei bloßer Aufzählung bewenden lassen wollen.

Die aboralen Köpfchen der Tubularia bilden sich rascher, wenn schon einmal eine aborale Bildung stattgefunden hat; bei Antennularia werden aborale Regenerate insofern immer »besser«, als sich zuerst nur Stolonen, vom zweiten Mal an auch Sprosse bilden, welche mit jedem Mal kräftiger werden [2]).

Weitere Restitutionsregulationen, die der Verbesserung fähig wären, sind mir nicht bekannt. Von Regenerationen höherer Thiere wissen wir nur, dass sie sehr viele Male ablaufen können; ob das erste Regenerat vielleicht »schlechter« ist, als spätere, ist unbekannt; wenn nach sehr häufig erneuter Amputation die Regenerate schlechter werden und endlich überhaupt ausbleiben, so würde das kein Widerspruch gegen eine doch vielleicht statthabende Verbesserung durch den Verlauf sein, denn bei solchem Verfahren kommen offenbar eine

1) In anderen Fällen lässt sich »funktionelle Anpassung« in sogenannte »Mechanomorphosen« auflösen. Im Übrigen vergleiche man meine zusammenfassende Darstellung des Gegenstandes, die, wie ich denke, geeignet ist, viele hier vorhandene Dunkelheiten zu zerstreuen. (Referat für 1898 in den »Ergebnissen«, pag. 792 f.)

2) Driesch, Arch. Entw.-Mech. 5.

ganze Menge sekundärer störender Faktoren (Schwächung der Individuen durch die Gefangenschaft etc.) in das Beobachtungsmaterial hinein.

Davenport und Cannon [1]) geben an, dass Daphnien bei wiederholten phototaktischen Versuchen immer rascher und prompter (more quickly and accurately) reagiren. Dieses Faktum wäre vielleicht für eine spätere Erforschung der Verbesserung koordinirter Bewegungen im Gedächtnis zu behalten; es ward neuerdings durch Yerkes bestätigt [2]).

Wenn endlich nach Peyritsch [3]) Pflanzen (Labiaten), welche bei plötzlicher Erhöhung der Lichtintensität Blüthenabnormitäten (Pelorien) producirten, solche im nächsten Jahre unter gleichen Bedingungen in geringerer Zahl hervorbringen, so liegt hier wohl nichts Anderes, als eine jener Eingangs zur Sprache gebrachten »Angewöhnungen« vor, nur dass wir in allen solchen sich auf Licht beziehenden Dingen noch weniger zu sagen wissen als über Immunität gegen Gifte oder Angewöhnung an hohe Temperaturen.

Eine theoretische Ausbeutung des Abschnittes soll, wie gesagt, Angesichts seiner Dürftigkeit gänzlich unterbleiben, denn seine eigentlich vitale Bedeutung erhält der Begriff der »Verbesserung« der Reaktion erst durch ein Studium der koordinirten Bewegungen. Nach einem solchen kann sich auch erst zeigen, ob er ein kollektiver oder ein analytischer Begriff ist [4]).

---

1) Journ. of Physiol. 21. 1897.

2) Amer. Journ. Physiol. 4. 1901. pag. 409.

3) Nach Goebel, Organograph. pag. 136.

4) Hering (Über d. Gedächtnis als eine allg. Funktion d. org. Materie. Wien 1876) hat bekanntlich die Thatsache der Vererbung mit dem Gedächtnisbegriff zusammengebracht, und man vermisst im Text vielleicht ein näheres Eingehen auf seine Schrift. Ein solches kann aber, abgesehen von allem Anderen, schon desshalb unterbleiben, weil das Wort »Gedächtnis« bei Hering nicht mehr als ein Kollektivbegriff ist, der eine deskriptive (sehr vage Analogie ausdrücken soll. Dass er keine vitalistische Theorie stabiliren wollte, geht aus vielen Stellen seiner Schrift hervor (z. B. pag. 4 unten, pag. 7 etc.).

Kapitel IV.

Provisorischer Versuch einer Einsicht in die allgemeine Gesetzlichkeit der Regulationen.

Wir gehen über zum Studium der Gesetzlichkeit der Regulationen, d. h. wir wollen versuchen, allgemeine Aussagen zu formuliren, die sich auf das Verhältnis zwischen Reiz und regulativem Effekt beziehen.

Aus Gründen, die später zu entwickeln sein werden, sind solche Aussagen in einer Form, wie sie den Erfordernissen rationeller Wissenschaft genügt, zur Zeit nur für morphologische Regulationen möglich.

Wir gehen auf diese daher gesondert an späterer Stelle ein.

Was wir hier zunächst bieten wollen, sind Direktiven und Ausblicke für ein künftiges rationelles Studium auch der nicht morphologischen Regulationen.

Diese Bemerkung schließt schon ein, dass allen Erörterungen dieses Abschnittes, die sich auf die Gesammtheit der Regulationen, aber mit Außerachtlassung des Formcharakters gewisser Klassen derselben, beziehen sollen, von uns nicht mehr als ein provisorischer Charakter zugeschrieben wird.

Beweisen können wir hier noch nicht, nur vermuthen.

1. Allgemeinheit der Begriffe »primäre« und »sekundäre« Regulation.

Zunächst soll die Gesammtheit der Regulationen nach einem neuen Gesichtspunkt klassificirt werden, den wir den technischen nennen können. Es wird uns dadurch unsere spätere Aufgabe erleichtert werden, indem sie eingeschränkt werden wird.

Schon in dem beschreibenden Theil dieser Schrift haben wir die meinen früheren Arbeiten entstammenden Begriffe der primären und der sekundären Regulation in Hinsicht auf Restitutionsregulationen verwendet. Wir nannten primär solche Vorgänge, welche, ob sie zwar den Namen Regulation verdienten, sich doch abspielten in Bahnen, welche im Vergleich zum »normalen« Geschehen nicht neu waren. Nur die Quantitäten des Geschehens waren im Verhältnis

zum Normalen verändert, aber alle Proportionen desselben waren die alten geblieben. Ein regulatorischer Zug lag eben der Gesetzlichkeit des Geschehens an und für sich zu Grunde. Darum haben wir die primären Regulationen auch implicit genannt.

Es ist nun klar, dass sich dieser Gesichtspunkt der Klassifikation auf alle, auch auf die nicht morphologisch sich äußernden Regulationsgeschehnisse anwenden lässt, und naturgemäß erwächst uns zunächst die Aufgabe festzustellen, in wie weit das der Fall ist, während ja die Trennung von Restitutionsregulationen in explicite und implicite bereits im beschreibenden Theil in erschöpfender Weise vorgenommen wurde.

Was zunächst morphologische Adaptationsregulationen angeht, so ist klar, dass alle solchen Fälle primär-regulatorisch zu nennen sind, in denen eine Formbildung überhaupt, also auch im Normalen, durch äußere Faktoren bestimmt wird, und es nun von der Intensität dieser Faktoren abhängt, in welcher Stärke sie sich jedes Mal zeigt.

Solches ist nicht der Fall bei allen jenen Geweben, welche das Cambium in Adaptation an Transspiration oder mechanischen Zug aus sich hervorgehen lässt, denn die allgemeine Grundlage der Leitungs- und Widerstandsgewebe entsteht ontogenetisch aus inneren Ursachen, es ist auch nicht der Fall, wenn Cysten um Fremdkörper gebildet werden, denn solche sind nichts »Normales«; es ist dagegen wohl die Berechtigung von impliciter (primärer) Regulation zu reden vorhanden, wenn das Schicksal pflanzlicher Anlagen durchaus von äußeren Faktoren bestimmt wird, indem auf alle Fälle Etwas entsteht, sei es nun Dieses oder Jenes (sogenannte »Diehogenie« s. o. pag. 29 ff.); hier nämlich geschieht eben die als »normal« zu bezeichnende Ausgestaltung jeweils auf äußere formative Reize hin, regulatorisch ist jedes Mal nur die Beziehung der Art und Intensität des Effekts zur Art und Stärke der Reizart.

Mit solcher Erkenntnis aber sind Fälle der geschilderten Art unserer eigentlichen Aufgabe entzogen und der allgemeinen Lehre von den formativen Reizen zugeordnet: es liegt eben ein regulatorischer Zug unmittelbar in den Faktoren, welche überhaupt Gestaltung bedingen.

Entsprechendes ist nun stets der Fall, wenn bloß in quantitativer Zuordnung von Reiz und Effekt Regulation sich äußert und zwar wird bei nicht morphologischem Geschehen die Sachlage besonders einfach.

Vergegenwärtigen wir uns kurz hierher gehörige Fälle: Assimilation und Athmung sind in gewissen Grenzen von der vorhandenen Nahrungs- und Sauerstoffmenge in ihrer Intensität abhängig, der CO_2-Gehalt des Blutes regulirt Athmung und Cirkulation, die Temperatur der Umgebung die Hautcirkulation, die Feuchtigkeit der Luft die Transspiration der Pflanzen, die Stoffbewegung hängt vom Stoffverbrauch ab, der Stoffumsatz von den anwesenden Umsatzprodukten, der Turgor in Protoplasten vom osmotischen Druck des Mediums u. s. f.

Hier fällt dem Kundigen wohl gleich ein seltsamer Mischcharakter unserer Aufzählung in die Augen; es sind in der That recht verschiedene Dinge, die wir da in einem Satze nannten, und zwar liegt das daran, dass wir es bisher unterließen, den Begriff der physiologischen Funktion des Näheren zu analysiren.

Doch kann solches, als unserer eigentlichen Aufgabe fern liegend, hier nur in Kürze geschehen. Wir nannten jedes Geschehen am Organismus, das nicht als formal gekennzeichnet war, ebenso unbefangen wie unbestimmt »Funktion«. Es ist nun klar, dass solches Geschehen, um es kurz zu sagen, physikalisch oder physiologisch sein kann, d. h. es kann sich am Organismus abspielen vermöge der allgemeinen Eigenschaften, die ihm als Massengebilde von bestimmtem Aggregatzustand etc. zukommen, oder es kann sich äußern kraft besonderer Eigenschaften, die als Lebenseigenschaften oder als physiologische Eigenschaften benannt werden mögen, ohne dass hier mit diesen Worten mehr als eine bloße, vielleicht nur provisorische Benennung bezweckt sein soll.

Alle oben aufgezählten Fälle quantitativer funktioneller Adaptationsregulationen nun sind, wie kurzes Überdenken lehrt, offenbar primäre oder implicite Regulationen, denn es ist eben das Kennzeichen der zu Grunde liegenden Funktionen, stets von äußeren Faktoren abzuhängen, das Regulatorische liegt nur in der quantitativen Zuordnung zu ihnen. Aber näheres Zusehen zeigt uns, dass viele jener soeben allgemein als implicit erkannter Regulationsgeschehnisse überhaupt gar keine Lebensgeschehnisse sind.

In vielen Fällen nämlich handelt es sich nur um Ausgleiche von Gleichgewichtsstörungen, anders gesagt: um Vorhandensein »dynamischer Gleichgewichte«, wie sie an jedem anorganischen Gebilde ebenfalls vorkommen könnten. Zwar ist einige Vorsicht jedes Mal am Platze, wenn man eine Klasse von Phänomenen aus der Reihe der Lebensphänomene eliminiren will, aber mit ziemlicher Sicherheit

werden wir von den genannten Fällen wohl diese als physikalisch-chemische in Anspruch nehmen können: Die Transspiration, den Stoffnachschub in Folge von Verbrauch, die Abhängigkeit der Umsatzthätigkeit von der Menge des Umzusetzenden und des Umgesetzten. In letzterem Kollektivfalle liegt die sogenannte chemische Massenwirkung wenigstens als mitbetheiligter Faktor vor.

Fälle wie diese sind also nicht nur implicite, sondern sogar nicht einmal physiologische Regulationen. Der Organismus zwingt hier physikalisches und chemisches Geschehen in den Dienst des Ganzen, wie der Techniker es bei Maschinen thut: wir wollen diese Klasse primärer Regulationen desshalb auch geradezu als Maschinenregulationen kennzeichnen.

Nachdem wir also nunmehr erkannten, dass viele unserer Regulationen als primäre oder implicite überhaupt nicht der eigentlichen Regulatorik sondern der allgemeinen Physiologie angehören, dass manche derselben sogar überhaupt keine Lebensphänomene sind, haben wir uns das Feld frei gemacht, auf dem wir die wahren oder expliciten Regulationen rein studiren können.

Möglich, dass auch unter ihnen »Maschinenregulationen« vorliegen, d. h. Geschehnisse, die physikalisch-chemischer Auflösung fähig sind — die herrschende Meinung neigt bekanntlich dieser Ansicht sogar für alles Lebensgeschehen zu. Jedenfalls wissen wir von dem, was wir »explicite« Regulationen nennen, solches zur Zeit nicht — (von einigen morphologischen werden wir sogar das Gegentheil beweisen) — und selbst, wenn wir es wüssten, würde es nicht hindern die Regulationen als wahre, explicite oder sekundäre zu bezeichnen, denn es äußern sich in ihnen auf alle Fälle Faktoren, welche im normalen Geschehen keine Rolle spielen.

2. Stoffwechsel als Grundlage aller Regulationen überhaupt.

Was nun kennzeichnet allgemein die wahren Regulationen, mag bei ihnen auch Morphologisches, oder nur Funktionelles eine Rolle spielen?

Kurze Überlegung zeigt, dass alle Effekte hier in letzter Instanz chemische sind, besser gesagt chemisch charakterisirte. Auch wo der beabsichtigte Zweck des Geschehens ein physikalischer ist, wie bei Änderung der Durchlässigkeit von Häuten zur Kompensation von Konzentrationsänderungen des Mediums, wie bei Erhöhung des inneren Turgors zu gleichem Zweck, wird der Effekt chemisch vermittelt:

Änderung der Stofflichkeit der Wandung, Änderung des Zellinhalts macht den physikalischen Effekt möglich.

Es lässt sich die Gesammtheit der rein funktionellen Regulationen wohl in diese Gruppen eintheilen:

Regulationen in Hinsicht auf Stoffeinlass,
» » » » Stoffverbrauch,
» » » » lokale Stoffänderung,
» » » » Stoffproduktion,
» » » » Stoffauslass.

Es ist klar, dass, mit Ausnahme des Theilungsvorganges, damit eigentlich eine volle Aufzählung der sogenannten Elementarfunktionen des Organischen gegeben ist, denn Bewegung ist wohl stets die physikalische Resultante aus Elementargeschehnissen der geschilderten Art.

Es ist weiter klar, dass sehr Vieles an morphologisch sich äußernden Regulationen, ja mit Ausnahme der durch Theilung verlaufenden Geschehnisse Alles an ihnen, auch auf diesen Elementarregulationen beruht und nur desshalb eine Sonderstellung einnimmt, weil sich etwa eine besondere Stoffproduktion sichtbarlich als »histologisches« Gebilde vor Augen stellt. Ob aber Chitin oder Holz oder Muskelsubstanz oder ob Antitoxine vom Protoplasten gebildet werden, ist natürlich für die fundamentale Erfassung des Lebensgetriebes gleichgültig [1]).

Wollen wir einen oben (pag. 129) geschaffenen Begriff anwenden, so können wir also ganz allgemein sagen: der wahre Eintrittspunkt der Regulation, der »Regulationsmoment«, ist stets durch Setzung einer chemischen Specifität gekennzeichnet. Von solcher geht alles Weitere aus, wohl auch, in noch wenig durchsichtiger Weise, die Zelltheilung.

3. Allgemeines über die Beziehungen zwischen Reiz und Effekt bei Regulationen.

Was lässt sich nun in Hinsicht der Frage nach den Beziehungen zwischen Reiz und regulatorischem Effekt, also in Hinsicht der eigentlichen Kardinalfrage der Regulationslehre allgemein aussagen?

1) Mit dem Nachweis der Stoffwechselgrundlage von morphologischen Geschehnissen ist natürlich zum Verständnis ihres Regulationscharakters gar nichts geschehen. Jenen Nachweis leisten hypothetisch gewisse Bestrebungen Loeb's, Letzteres aber, was nicht überflüssig ist zu betonen, leisten sie nicht.

Etwas auch nur einigermaßen Definitives wegen des Mangels erschöpfender Untersuchungen leider überhaupt nicht.

Die Antitoxinproduktion scheint in sehr weitem Spielraum geschehen zu können, d. h. es scheint die Potenz vorhanden zu sein, auf sehr viele specifische Reize (»Gifte«) hin entsprechend specifische Effekte (»Gegengifte«) zu bilden; doch handelt es sich sowohl bei Toxinen wie bei Antitoxinen um chemisch so gut wie unbekannte Körper. Durch Studium der »Gewöhnung« an anorganische Gifte und deren Folgeerscheinungen wäre hier wohl principiell weiter einzudringen[1]).

Was die Regulation der Durchlässigkeit von Häuten anlangt, die bei der Auswahl der jedes Mal nothwendigen Bestandtheile des Säftestromes seitens der verschiedenen Organe und sonst so vielfach eine Rolle spielt, so will ich statt weiterer Diskussion dieses zur Zeit mehr unbestimmt geahnten als gewussten Gegenstandes einen Ausspruch Heidenhain's mittheilen: »Da chemische Reizung der Kapillaren erwiesen ist, liegt die Frage nahe, ob nicht etwa die Stoffwechselprodukte der verschiedenen Organe als Reize auf die Kapillaren wirken, der Art, dass sie in jedem Organ die Absonderung solcher Substanzen veranlassen, welche dem Bedürfnis derselben entsprechen[2])«. Damit wäre eine Zuordnung von Reiz und Effekt in sehr weitem Bereiche zugestanden.

Was Regulation hinsichtlich zu verbrauchender Stoffe angeht, so liegt bekanntlich Beschränkung auf gewisse Klassen von Körpern vor, doch waltet innerhalb jedes einzelnen ein oft großer Spielraum der Möglichkeiten: es sei dabei nochmals besonders hervorgehoben,

---

1) An der Ehrlich'schen »Seitenkettentheorie« scheinen mir gewisse Ausgangspunkte bedeutsamer, als die Theorie selbst.

Dass bisweilen sogenannte »regionäre Immunität« statt hat, ist Thatsache. Hier sind also Antitoxine lokal, also wohl von specifischen Zellen aus, gebildet.

Dass überhaupt Zellen, welche Antitoxine bilden sollen, den Toxinen Angriffspunkte bieten, d. h. durch sie irgendwie veränderbar, afficirbar sein müssen, ist selbstverständlich; noch selbstverständlicher ist, dass Geschädigtwerden durch Gifte Empfänglichkeit für die Gifte voraussetzt.

Was aber Ehrlich aus Diesem und Anderem *schließt*, verdunkelt meines Erachtens die Sachlage mehr, als es sie fördert: das Erschlossene soll *chemisches* Geschehen sein und ist es doch *nicht*, denn mit der »Regeneration« der »toxophoren« Seitenketten, auf der, in Verbindung mit fortgesetztem Abstoßen derselben, die Antitoxinbildung beruhen soll, wird einfach das ganze Problem noch einmal in anderer Fassung aufgestellt.

2) Pflüger's Arch. 49. pag. 280.

dass nach PFEFFER die Auswahl eines unter mehreren dargebotenen Stoffen ganz vorwiegend nach seinem »Nährwerth« (s. o. pag. 3) erfolgt, und dass der specifische Chemismus der Nährstoffe selbst hier nicht oder doch nur in geringem Grade ausschlaggebend ist.

Die aktive Rolle, welche der Organismus selbst in allen Stoffwechselregulationen spielt, zeigt sich aufs deutlichste auch in der Athmung: in ihrer Unabhängigkeit vom Drucke des Sauerstoffs, sobald eine gewisse Intensität desselben erreicht ist, in ihrem Ersatz durch die intramolekulare Athmung bei Sauerstoffmangel. In letzterer schafft sich der Organismus selbst offenbar die Möglichkeit, ein unbedingtes Bedürfnis des Lebens, so lange es irgend geht, zu befriedigen.

Aber alle diese Erörterungen sind, wie die zu Grunde liegenden Untersuchungen auch, nur tastend und wenig befriedigend, um über die für die Gesetzlichkeit der Regulationen vielleicht entscheidende Frage Auskunft zu geben, nämlich darüber, ob in irgend einem Regulationsfalle, etwa bei der Antitoxinbildung oder der Durchlässigkeitsänderung oder der Verarbeitung, eine wirklich unbegrenzte Zuordnung von Reizen und Effekten statt habe[1]); dazu müssten die zu Grunde liegenden Experimentaluntersuchungen ausgedehnter sein, als sie es heute sind, und auch tiefer gehen. Gegenwärtig kann man höchstens sagen: es scheint jenes unbegrenzte Zuordnungsverhältnis oftmals vorzuliegen.

Es klingt seltsam, ist aber wahr, dass wir hinsichtlich der Formprocesse am Organismus tiefer in die Erkenntnis fundamentaler Eigenheiten desselben vorgedrungen sind als hinsichtlich seines Stoffwechsels.

Formprocesse spielen sich eben theilweise räumlich getrennt, spielen sich namentlich auf ziemlich ausgedehntem Terrain sichtbarlich ab: so werden wir wenigstens über diejenige ihrer Seiten, welche dieses Terrain angeht, über ihre Örtlichkeit, einiges wenige Fundamentale ermitteln können. Der Stoffwechsel aber geschieht im kleinsten Raum, und hier kann in fast allen Fällen eigentlich nur daraus, dass die Bedingungen des Stoffwechsels sich änderten, wie bei der Gärung, oder als zureichend oder unzureichend sich erwiesen, wie bei Ernährungsversuchen weitesten Sinnes, darauf geschlossen werden, was etwa am Organismus geschehen sein möchte. Auch wenn die

1) Begriff des »Antwortsgeschehens«. S. darüber meine »Lokalisation« pag. 85.

physiologische Chemie uns manche Stoffe im Organismus kennen lehrt, liefert sie uns damit doch nicht viel mehr als eine Aufzählung. Ja wir wissen hier gerade dieses Eine ganz gewiss, dass jene Stoffe nicht auf die aus den chemischen Laboratorien bekannte Weise aus ihren eventuellen, in der Nahrung gebotenen Ausgangspunkten hervorgegangen sind.

So stehen wir denn vor der fundamentalen räthselhaften Frage was Stoffwechsel, was Athmung eigentlich seien. Nur ihre Beantwortung könnte uns auch in Sachen der mit Athmung und Stoffwechsel verbundenen Regulationen — und das sind ja, wie wir sahen, in strengem Sinne alle — fundamental weiterführen. Da ist es denn wohl nicht allzu kühn, wenn wir in Kürze einige Gedanken mitzutheilen uns anschicken, die uns vielleicht den Weg anzeigen könnten, auf welchem einst ein Einblick in das, was man Assimilation und Athmung der Organismen, also ihren Gesammtstoffwechsel nennt, möglich sein möchte.

Kapitel V.

Gedanken über Athmung und Assimilation.

Es ist seltsam, dass fast niemals die Frage aufgeworfen ist, warum denn die Athmung, d. h. das Zustandekommen der Verbindung gewisser chemischer Bestandtheile des Organismus mit Sauerstoff eigentlich nothwendig für Erhaltung des Lebens der allermeisten Organismenarten sei.

Wenn man sagt, Athmung sei eine Energiequelle, so sagt man damit nur, wesshalb gewisse vom Organismus ausgehende Leistungen ohne Athmung unmöglich seien, man erklärt damit aber nicht, warum »das Leben« ohne Athmung unmöglich sei, warum, nachdem auch die regulatorischen Athmungsersätze erschöpft sind, der Tod eintritt.

Ich habe vergeblich die Aufstellung eben dieser Frage in den verschiedensten Handbüchern der thierischen und pflanzlichen Physiologie[1])

1) So weit es im Gebiete der thierischen Physiologie überhaupt solche giebt, die den Namen eines allgemeinen wissenschaftlichen Lehrbuches verdienen. Wann wird einmal die thierische Physiologie anfangen officiell »Wissenschaft« und nicht mehr die Magd der Medicin zu sein? Wann werden wir ein Lehrbuch der thierischen Physiologie haben, das sich dem Pfeffer'schen an die Seite stellen kann, das »allgemein« und doch gründlich ist?

gesucht und sie nur bei Noll in Klarheit, wennschon auch beiläufig, ausgesprochen gefunden[1]).

Halten wir uns an die sonst gediegensten Ausführungen über Athmung, so finden wir den Gesammtsachverhalt etwa folgendermaßen dargestellt:

Die Nothwendigkeit des Statthabens der Athmung geht nicht aus von Anwesenheit des Sauerstoffs, sondern von Stoffen, welche der Organismus bildet, und welche starke Affinität zum Sauerstoff haben. Ist kein Sauerstoff anwesend, so bildet der Organismus regulatorisch aus sich gewisse Stoffe, welche die sonst vom elementaren Sauerstoff gesättigten Affinitäten jener erst genannten anderen Stoffe sättigen können; dieses ist die intramolekulare Athmung.

Es fehlt, wie gesagt, bei dieser Theorie nur Eines: nämlich die Erklärung dafür, dass in der großen Mehrzahl der Fälle der Organismus ohne Athmung nicht weiter leben kann. Warum werden nicht bei Sauerstoffmangel die Lebenserscheinungen einfach sistirt, auf Tage oder Monate oder noch länger, ohne dass das potentielle Leben erlischt, so dass jene Erscheinungen bei erneuter Zufuhr des Sauerstoffs wieder anfangen?

Dem muss eine Theorie der Athmung Rechnung tragen, und ich denke, sie kann es durch eine kleine Modifikation des Gesagten:

Wir haben uns, meine ich, vorzustellen, dass jene vom Organismus gebildeten Stoffe, von denen kraft ihrer Affinitäten die Athmung ausgeht, auf den Organismus »giftig« wirken. Das soll heißen: ihre Affinitäten sind so stark, dass sie auf alle Fälle Befriedigung erheischen, und wenn kein Sauerstoff vorhanden ist, gewissen im Organismus anwesenden, für »das Leben« nothwendigen Verbindungen Sauerstoff entreißen. Solches erträgt der Organismus in den allermeisten Fällen nur eine Weile, aber dann übersteigt es das Maß seiner Leistungsfähigkeit: er stirbt.

Es ist klar, dass bei dieser Auffassung der Sachlage die intramolekulare Athmung nur in geringfügigem Grade als Regulation erscheint, oder sogar gar nicht; Ersteres, wenn man annimmt, dass bei Sauerstoffmangel immerhin gewisse Stoffe vom Organismus aktiv erzeugt würden, um dem Sättigungsbedürfnis jener anderen entgegen zu kommen, Letzteres, wenn man solches nicht annimmt; denn in diesem Falle wird die intramolekulare Athmung zu einem bloßen störenden Entreißen, und dabei ist von keiner Regulation mehr die

1) Lehrbuch der Botanik von Strasburger, Noll etc. 1. Aufl. pag. 184/6.

Rede. Die anaërobiontischen Organismen, d. h. jene Wesen, welche auch ohne Sauerstoff leben können, ja sogar oft nur ohne ihn zu existiren vermögen (obligatorische Anaërobionten), weisen allerdings wohl darauf hin, dass der intramolekularen Athmung der Aërobionten in gewisser Hinsicht der Charakter einer Regulation in dem angedeuteten Sinne zuzusprechen ist: die Aërobionten versuchen gleichsam anaërobiontisch zu werden. Dass es ihnen im Gegensatz zu den wahren fakultativen Anaërobionten nur theilweise gelingt, dass, wenn der Sauerstoffentzug gar zu lange dauert[1]), doch tiefgreifende Zerstörung bis zum Tod eintritt, zeigt andererseits besonders deutlich, dass die Existenz von Anaërobionten nichts dagegen beweist, dass bei Wesen, die nicht anaërobiontisch sind, eine Theorie der Athmung in unserer Fassung allein am Platze ist (vgl. hierzu pag. 126).

Die unbedingte Nothwendigkeit des Sauerstoffs für den Fortgang des Lebens, nicht nur für seine Leistungen, beruht also unseres Erachtens bei den Aërobionten auf der Giftigkeit gewisser vom Organismus gebildeter Substanzen, welche Giftigkeit auf die Dauer nur durch einen Überfluss von Sauerstoff unschädlich gemacht werden kann.

Diese, wie mir scheint, nothwendige Ausführung ist uns aber nur die Einleitung zu viel schwieriger zu bewältigenden Dingen.

Man hat es auch Athmung, genauer gesagt: ein »Verathmen« genannt, wenn etwa im arbeitenden Muskel Glykogen gespalten und die Spaltprodukte jeweils mit Sauerstoff verbunden ausgeschieden werden. Hier war Athmung neben Spaltung die »Quelle der Muskelkraft«. Es ist klar, dass solches eine ganz andere »Athmung« wäre, als die, von welcher wir oben redeten. Hier stünde Athmung im Dienste eines bestimmten Zweckes, sie erscheint nicht als die unbedingte Lebensnothwendigkeit, auch sind die Stoffe, an denen sie sich äußert, welche »verbrannt« werden, notorisch nicht giftig für den Organismus.

So meine ich denn, dass wir besser thun, in diesen und ähnlichen Fällen lieber nicht von Athmung im strengen Sinne des Wortes zu reden, sondern von allgemeinem im Interesse des Ganzen geleiteten Stoffwechsel, welcher sich im genannten Falle als Spaltung und Oxydation bekannter Stoffe äußert. Er dient hier zur Gewinnung freier Energie und diese könnte wohl auch nur durch Spaltung ohne Oxydation gewonnen werden.

1) Bei Ascaris mystax kann er nach Bunge bis zu 5 Tagen dauern; die specifischen Differenzen sind hier enorm.

Der soeben geschilderte Process der »Pseudoathmung« ist nützlich, aber nicht lebensnothwendig; das scheidet ihn streng von dem, was man unter Athmung im wahren Sinne verstehen muss.

Dadurch nun, dass wir die »Verbrennung« von Kohlehydraten nicht als Athmung im wahren Sinne gelten lassen wollten, haben wir sie nothgedrungen den allgemeinen Stoffwechselvorgängen zugezählt und so tritt denn nunmehr die Aufgabe heran, uns mit jenem Protens abzufinden, den man als Assimilation und Dissimilation bezeichnet.

Bleiben wir zunächst noch bei Betrachtung der von uns als Pseudoathmung bezeichneten Proeesse stehen:

Das Seltsame ist hier, dass Stoffe »verbrennen«, welche an und für sich gar keine Affinität zu Sauerstoff haben; und zwar verbrennen sie da, wo es gerade im Interesse des Ganzen nöthig ist. Nachdem sich die Annahme, dass der eingeathmete Sauerstoff im Organismus in Ozon verwandelt würde, als unstatthaft erwiesen hatte, suchte man sich dieses Phänomen des »Verbranntwerdens« des »Unverbrennbaren« so zurecht zu legen:

Der Organismus producirt Stoffe, die an und für sich starke Affinität zum Sauerstoff haben — dieses wären jene Stoffe, von denen wir annehmen, dass sie ohne Anwesenheit von Sauerstoff giftig wirken.

Die genannten Stoffe spalten das Sauerstoffmolekül O_2, sich mit O vereinigend. Das andere O, also der Sauerstoff im Status nascens, ist aber nun von so starkem Bedürfnis nach Affinitätsbefriedigung, dass er jetzt im Stande ist, das zu leisten, was O_2 nicht vermochte, nämlich jene oben genannten, an und für sich unverbrennlichen Substanzen zu verbrennen. Man[1]) hat diesen Process in treffender Weise als sekundäre Athmung von der unmittelbaren oder primären Athmung geschieden. Es ist klar, dass die »sekundäre Athmung« unsere Pseudoathmung ist.

Offenbar irrt nun aber die soeben skizzirte Theorie in einem ganz wesentlichen Punkt: die wahre (primäre) Athmung geht

---

1) Eine gute Darlegung der ganzen Sachlage, zwar auch ohne Erklärung der Nothwendigkeit der primären Athmung, findet sich z. B. in Hammarsten's Physiologischer Chemie pag. 3/4.

überall und immer in den Geweben des Organismus vor sich. Wie kommt es, dass nicht auch die sekundäre Athmung, jenes »Verbrennen« des sonst Unverbrennlichen, überall vor sich geht? Sie thut es notorisch nicht, sie geht nur da vor sich, wo ihr Vorgehen im Interesse des Ganzen erheischt ist. Außerdem geht ihr wohl stets Spaltung voran.

Solches besagt aber, dass die sekundäre oder Pseudoathmung, die Verbrennung als Energiequelle, durchaus nicht ohne Weiteres mit der wahren oder primären Athmung zugleich gegeben sein kann. Die Bedingungen zum Eintritt der sekundären Athmung müssen vielmehr erst als etwas Neues, Besonderes vom Organismus geschaffen werden[1]), ebenso die Spaltung.

Eben damit aber ordnet sich das Wesentliche der sekundären Athmung einem anderen Begriff unter, dem Begriff der Lenkung des Stoffwechsels, im Besondern der Dissimilation, und damit stehen wir, wie schon angedeutet, unmittelbar vor Erörterung der Kardinalfrage der Biologie, der Frage nach der lebendigen Substanz.

Ganz allgemein gesprochen stellen sich dem Unbefangenen alle Stoffumwandlungen im Organismus, welche durch Synthese verlaufen, welche also, um in der Sprache der Atomfiktion zu reden, in der Produktion mehratomiger Verbindungen aus minderatomigen bestehen, als Assimilation, alle, bei denen das Gegentheil der Fall ist, als Dissimilation dar.

Die Frage ist nun aber: was ist eigentlich das letzte Ziel aller Assimilation, was ist der erste Ausgang der Dissimilation? Giebt es eine »Substanz«, eine Stoffart X, welche

1) Loew (Die chem. Energie d. lebenden Zellen) trennt nicht primäre und Pseudoathmung, thatsächlich redet er nur von letzterer. Sein »aktives Protein« soll auch andere Stoffe z. B. Kohlehydrate »aktiv« machen, welche sich daher jetzt mit O_2 verbinden. Sind sie, die »Thermogene«, verbrannt, so fangen nunmehr die »aktiven Proteine« selbst an sich zu zersetzen und zu verbrennen. Die Thermogene waren also »Schutz- und Feuerungsmaterial zugleich«.

Uns scheint, abgesehen von allen sonstigen Bedenken, mit diesen Annahmen die Nothwendigkeit unserer primären Athmung nicht erklärt. Wie soll sie, die überall vor sich gehende, durch lokale Processe sekundärer Athmung ersetzt werden können? Wie ferner soll das labile »aktive Protein« dadurch vor Zertrümmerung geschützt werden, dass andere Stoffe sich oxydiren, also den Sauerstoff für sich nehmen? Wenn dem so wäre, befände sich wohl jener hypothetische Stoff am besten ohne Sauerstoff. Kurz: Loew erklärt vielleicht den Hungertod, aber nicht den Tod wegen Mangels von O.

welche den besonderen Namen der lebendigen Substanz verdient und die Zusammensetzung $C_x O_y H_z$ . . . . . besitzt?

Wenn in den grünen Pflanzen aus CO_2 und H_2O Stärke entsteht, so sagt man uns, diese Stärke sei durch »Assimilation« gebildet, ja Botaniker wollen wohl gar diesen angeblich einfachsten Fall in Besonderheit als Assimilation kat' exochen bezeichnen.

Eine nähere Betrachtung zeigt aber, dass uns hier gleich im Anfang ein ganzes Heer von Schwierigkeiten erwartet.

»Assimiliren« soll heißen »sich selbst gleich machen«. Was assimilirt hier in diesem Sinne? Die Stärke doch nicht etwa; denn wo durch sogenannte Assimilation Stärke auftritt, war vorher keine. Stärke hat also nichts »sich selbst gleich gemacht«. Also ist jedenfalls die anwesende Stärke nicht von ihres Gleichen aus, sondern von anderen Faktoren aus geschaffen worden[1]).

Welches sind diese Faktoren?

Fragen wir uns, ohne diese Frage zu beantworten, zunächst einmal nach dem weiteren Schicksal der Stärke. Sie kann durch Diastase in Zucker verwandelt werden und dann, gewissermaßen als neugeschaffener Nährstoff, Verwendung finden zu weiterer »Assimilation«. Von diesen Processen ist der erste, die Umwandlung in Zucker, chemisch verständlich, der zweite durchaus nicht.

Sagt man uns, der Zucker diene nun zur Bildung irgend eines bestimmten Eiweißstoffes, ebenso wie vorher CO_2 zur Bildung von Stärke gedient habe, so sagt uns das gar nichts. Wenigstens sagt es uns wieder das Wesentliche nicht: wie kommt es dazu, dass mit einem Male der Zucker so verwendet wird?

Auch treten wir mit allem Diesen dem Kardinalpunkt offenbar um keinen Schritt näher jener Frage nach dem »Lebendigen«, dem wahrhaft »Assimilirten«. Jenes Eiweiß ist nämlich auch wieder nicht desshalb entstanden, weil anderes, schon vorhandenes Eiweiß es »sich selbst gleich gemacht« hat; auch »lebt« jenes Eiweiß sicherlich nicht. Wir haben wieder nichts Anderes vor uns als die Bildung chemisch mehr oder weniger bekannter Stoffe an bestimmten Orten, veranlasst durch völlig räthselhafte Faktoren.

Wir können nun jedes beliebige Lehrbuch der physiologischen Chemie aufschlagen und finden im Princip immer dasselbe: mehr

1) Unsere Darstellung redet nur von ganz Principiellem. Es ist ihr daher gleichgültig, wenn von Chemikern die Ameisensäure als erstes »Assimilationsprodukt« in Anspruch genommen wurde.

oder weniger deutlich gekennzeichnete chemische Stoffe an besonderen Orten, die aus räthselhaften Ursachen plötzlich da sind.

Nie finden wir eine wahre Assimilation, ein »sich selbst Angleichen«. Ja was uns besonders verwundert: wir finden nie eine Verwunderung darüber geäußert, dass sich solches nie findet!

Wir finden auch, mit ganz wenig Ausnahmen, in fast keinem Buche eine Äußerung darüber, dass nach Aufzählung so vieler Einzelheiten nun doch eigentlich von der »lebenden Substanz« zu handeln sei, wenn dieses Handeln auch nur in dem Zugeständnis des absoluten Nichtwissens bestehen könnte.

Aber es scheint wirklich, als hätten die Wenigsten das merkwürdige Problem, das hier vorliegt, überhaupt gesehen.

Einige, wie Pflüger, Loew und Kassowitz sind hier auszunehmen: diese versuchen eine chemische Theorie der in ihrem Sinne wirklichen »lebenden Substanz«, wobei wir von dieser Theorie aber desshalb von allem Anfang an absehen können, weil sie das Wesentlichste an Lebensphänomenen doch ganz und gar unerklärt lässt, wie später zu erörtern sein wird.

Über jenes Räthselhafte der sogenannten »Assimilation«, die keine ist, also etwa von Stärke aus CO_2 und H_2O oder von Eiweißkörpern aus Zucker, Fetten etc., das heißt über jene notorischen Synthesen, welche jedenfalls keine »Sich-Angleichungen« sind, versuchen aber auch die Genannten keine Aufklärung[1]). —

Wir werden nun, da wir über das, was eigentlich unter Assimilation verstanden werden soll, niemals etwas Bestimmtes erfahren, zu einer sehr seltsamen Frage geführt:

Giebt es vielleicht gar keine echte Assimilation?

Giebt es vielleicht wirklich nur jene einzelnen Synthesen, die uns als Assimilationen vorgesetzt werden und keine sind?

Dann gäbe es auch keine lebende Substanz!

Aber wie wären dann jene Synthesen aufzufassen? Davon später.

---

1) Kassowitz (Allgemeine Biologie I. Wien 1899) thut es zwar, indem er sie leugnet. Nach ihm »assimilirt« sich die »lebende Substanz« direkt in wahrem Sinne die Nahrungsstoffe; alle vom Organismus gebildeten chemisch gekennzeichneten Stoffe, auch die Reserven, sind aber nach ihm nicht synthetisch, sondern durch Abspaltung des Protoplasmas entstanden. — Uns erscheint dieser durchaus hypothetische, den Erfahrungen widerstreitende Gedanke desshalb zumal unzulässig, weil er uns im Weiteren doch nichts nützt. Vgl. Anm. 2 pag. 148f.

Wenn es aber lebende Substanz und echte Assimilation gäbe, dann wären offenbar jene Synthesen an jedes Mal nöthigen Ort anzusehen als geschehend unter Leitung dieser wahrhaft lebendigen Substanz. Sie wären keine Assimilationen, sondern gleichsam Vorbereitungsstufen, die sich das Lebende für spätere wahre Assimilation schüfe.

Denn dieses kann gar nicht oft genug betont werden, dass der Gebrauch des Wortes Assimilation dort, wo es sich um kein »Sichangleichen« im strengen Sinne handelt, ein Missbrauch ist[1]). —

Ehe wir in unserem Gedankengang fortschreiten, darf nun nicht übersehen werden, dass uns alle genannten Schwierigkeiten wieder, in umgekehrter Form, entgegentreten, wenn wir von der sogenannten Dissimilation handeln wollen.

Eine beliebige Spaltung, etwa von Glykogen, Dissimilation zu nennen, hat gar keinen Sinn. »Zum Lebenden gehört haben und nun nicht mehr leben«, das ist der einzige bedeutungsvolle Sinn des Wortes. Aber hat Glykogen, hat ein Körper wie etwa Asparagin »gelebt«?

So stehen wir denn wieder vor der Alternative:

Entweder hat gar keine Substanz »gelebt«, d. h. es giebt keine lebende Substanz, also auch keine Dissimilation. Es giebt thatsächlich nur die Einzelspaltungen, die wir kennen.

Oder es giebt lebende Substanz, es giebt auch wahre Dissimilation, nur kennen wir sie noch nicht: was wir in jenen Einzelspaltungen kennen, sind Vorgänge »unter Leitung« der lebenden Substanz zu energetischen Zwecken. —

Wofür sollen wir uns entscheiden, wenn wir alles hier Gesagte, auch jene Aphorismen über die Athmung, bei uns durchdenken?

Bedenken wir, dass alle Synthesen und Spaltungen im Organismus notorisch stets unter ganz anderen Umständen erfolgen als im Laboratorium[2]); bedenken wir ferner, dass uns die physiologische

1) In den Fällen, die Kassowitz (I, pag. 193 f.) als anorganische Assimilationen anführt, handelt es sich in Strenge nur um die Beschleunigung von Reaktionen, die auch sonst stattfinden, ähnlich wie bei katalytischen Effekten.

2) Dieses Faktum kann nicht genug betont werden. Kassowitz (I, pag. 204) warnt mit Recht die allzu chemischen Biologen davor, alle möglichen »Zwischenstufen« der Synthesen im Organismus anzunehmen, deren Anwesenheit notorisch den Organismus tödten würde, oder welche, wenn direkt dargeboten, notorisch keinen Nährwerth besitzen. Man braucht noch nicht der Theorie von Kassowitz zuzustimmen, wenn man gern sich zu diesen Einzelbemerkungen bekennt.

Chemie, trotz Betheiligung so vieler zum Theil hervorragender Forscher, nichts als Einzelheiten gelehrt hat, nichts als Dinge, von denen wir sagen mussten: dieses ist nicht lebend, ist nicht wahre Assimilation, nicht wahre Dissimilation; betonen wir endlich und zu allermeist, dass wir an mehreren Stellen unserer Studien den Bann des Physikalisch-Chemischen ohnehin noch werden durchbrechen müssen, bedenken wir die für gewisse Fälle schon früher[1]) bewiesene vitalistische Gesetzlichkeit, ihre hohe Wahrscheinlichkeit in fast allen anderen Regulationsfällen: sollten wir es angesichts von allem Diesen nicht hypothetisch aussprechen können:

Es giebt keine lebende Substanz, keine wahre Assimilation, keine Dissimilation!?

Das Fragezeichen besagt, wofür ich selbst diesen Ausspruch halte[2]). Er bedeutet einen fundamentalen Bruch mit allem Herkömmlichen.

---

1) S. meine »Lokalisation«.

2) Durch diesen Ausspruch stellen wir uns also in diametralen Gegensatz zu den Anschauungen, welche jüngst Kassowitz in seiner »Allgemeinen Biologie« entwickelt hat.

Dieser Gegensatz hindert uns nicht anzuerkennen, dass der erste Band des genannten Werkes unseres Erachtens der einzige Versuch ist, die Assimilationsfrage bis zu Ende durchzudenken, dass Kassowitz, neben ganz wenigen Anderen, das Problematische in der »Assimilation« deutlich sah. Dieser Umstand macht den ersten Band seines Werkes auf alle Fälle äußerst verdienstvoll und anregend.

Von Einzelheiten wollen wir nur bemerken, dass wir für besonders bedeutsam die Abweisung einer »Verbrennung« der Nahrungsstoffe als solcher halten. Dass nur Stoffwechselprodukte, also verarbeitete Nahrung »verbrennt«, wird man festhalten müssen, mag man im Übrigen über »Assimilation«, insbesondere über die hier in Betracht kommende »sekundäre Athmung« denken, wie man will.

Der zweite Band des Werkes von Kassowitz gewährt nun freilich ein ganz anderes Bild als der erste: der Assimilationsband für sich betrachtet nöthigte das Geständnis ab, dass die Ideen des Autors möglich seien, konnte auch von einem Beweis seiner Ansicht, dass es eine »Lebenssubstanz« gäbe, welche durch unmittelbare Assimilirung der Nährstoffe wachse, natürlich nicht die Rede sein; der Vererbungsband zeigt uns aber, wie so absolut gar nichts, gerade in Hinsicht auf die wichtigsten biologischen Fragen, mit einer chemisch gedachten Lebenssubstanz gewonnen wäre. Kurz gesagt: die Hypothese der Lebenssubstanz erweist sich hier als durchaus unleistungsfähig.

Kassowitz bietet im zweiten Band nicht viel mehr als eine Ablehnung des Darwinismus und der Theorien Weismann's, wie sie nahezu ebenso von Wolff, O. Hertwig, Haacke u. A. geboten war. Was über das Polemische

Er weist der »physiologischen Chemie«, so weit sie wirklich »Chemie« sein will, die Thüre. —

Es giebt fundamentale Lebensgesetze, welchen die Synthesen und Spaltungen im Organismus gehorchen, es giebt, wenn man es so zu nennen liebt, ein »Lebensagens«, aber es giebt keine »lebendige Substanz« von der Formel $C_xH_yO_z$ . . . .

Es »giebt« wirklich nur das, was uns die physiologische Chemie kennen lehrte, nur diese Spaltungen, diese Synthesen, diese und solche, die ihnen principiell ähnlich sind[1]).

Was aber heißt eben dieses Wort »principiell«?

Wer diese Frage beantworten könnte, der könnte das biologische Fundamentalproblem, an dem wir nur herumtasten um höchstens zu erkennen, dass es ein fundamentales ist, mit einem Schlage lösen. —

Mit dem »Lebensagens« an Stelle der chemischen Lebenssubstanz verlegen wir den dynamischen »Vitalismus« hypothetisch ins Centrum alles Biologischen.

Alles specifische Lebensgeschehen, auch alle Regulation, sagten wir oben, bestände im Grunde genommen in Schaffung specifischer

---

hinausgeht, deckt sich etwa mit dem X. Theil meiner »Entwickelungsmechanischen Studien« oder mit Ausführungen O. Hertwig's; wahrhaft analytische Ansätze, wie sie von Herbst und mir versucht wurden, werden nicht beachtet. geschweige denn weitergebildet.

Dazu eben ist Kassowitz auf seiner Basis gar nicht im Stande, dazu hätte er Regulationen ihrer selbst willen studiren müssen, nicht nur, wie geschehen ist, um durch sie Weismann zu widerlegen.

Das aber lehrt uns wieder, wie schädlich es ist, wenn man die Biologie nicht von vorn herein als etwas Selbständiges behandelt, sondern von Anfang an denkt, es müssten in ihr chemische Probleme vorliegen. So aber denkt Kassowitz, überhaupt tritt seine materialistische Grundansicht in dem steten Operiren mit Molekülen etc. stark zu Tage.

Wir, die wir nicht von Anfang an in der Biologie angewandte Chemie sehen, können eben desswegen sagen: mag die Lebenssubstanztheorie richtig sein, erschöpft hat sie das biologische Problem auf keinen Fall. Da wir also doch etwas Anderes brauchen, benöthigen wir die Lebenssubstanztheorie, die ja doch eine Hypothese ist, überhaupt nicht. Wollten wir aber etwa sagen, es gäbe zwar Lebenssubstanz, aber das sei keine chemische Substanz, sie habe keine »Formel« — wäre damit etwas gewonnen?

1) Einen ähnlichen Gedanken, sehr in Kürze geäußert, finde ich nur bei Schmitz Dumont (Naturphil. als exakte Wissensch. pag. 306 f.). »Die Bedeutung und qualitative Eigenheit des Lebendigen liegt im Werden, in der Veränderung selbst. Die chemischen Stoffe, welche man dabei anmerkt, bedeuten nur Ruhepunkte der betreffenden Abstraktion; das Lebendige liegt aber nicht in diesen Ruhepunkten, sondern in dem, was dazwischen vorgeht«. — »Lebendiger Stoff existirt nicht.«

chemischer Qualitäten: eben diese chemischen Qualitäten sind es, in deren Schaffung sich uns jetzt die vitale, die nicht-chemische Gesetzlichkeit offenbart:

Das »Lebensagens« schafft die Specifität im Regulationsmoment (s. pag. 129).

In Hinsicht des Principiellen unserer Vitalgröße, ihres Vermögens der Schaffung chemischer Specifitäten, etwas im Allgemeinen auszusagen oder gar zu beweisen, sind wir zur Zeit durchaus nicht im Stande.

Wir tasten, auch mit unseren später auszuführenden »vitalistischen« Sonderproblemen, nur ganz an der Peripherie der hier vorliegenden Fragen herum. Nur im Einzelnen können wir Manches hypothetisch aussagen und ganz Weniges beweisen.

Zu solchen einzelnen möglichen Aussagen mag hier die Thatsache der chemischen Beschränkung des Lebensagens gerechnet werden, jene sich auch in der Beschränkung der Regulationen (s. pag. 123ff.) äußernde Thatsache, dass der Organismus nicht immer aus jedem beliebigen Chemischen jedes beliebige Andere schaffen kann. Wir sagten »nicht immer« könne er es; kann er es denn bisweilen? Wir wissen das nicht, aber es darf hier vielleicht der Gedanke ausgesprochen sein, dass alle »Beschränkungen« der regulatorischen Fähigkeiten des Lebenden in der inhärenten organisatorischen Tendenz des Lebensagens ihren Grund haben mögen; in jener Tendenz, in welcher auch das seinen Ausdruck findet, was man seit Langem »Substantialität der Form«[1]) genannt hat. Einrichtungen schafft sich das »Lebensagens« in der Ontogenese, um sich so, wie es seine Art ist, manifestiren zu können; Einrichtungen muss es seiner Art nach sich schaffen; und solche Einrichtungen bedingen eben aus uns durchaus undurchsichtigen[2]) Gründen, eine Selbstbeschränkung in regulatorischer Hinsicht. In den Potenzvertheilungen, in vielen nicht möglichen Vertretbarkeiten bezüglich der Nahrungsstoffe kommt neben anderen Dingen diese Selbstbeschränkung zum Ausdruck; aber auch hier ist wieder der Ort, der Gallen zu gedenken, welche uns Potenzen dort kennen lehren, wo

1) Die »Substantialität der Form«, deren eine Seite das Erhaltenbleiben im stofflichen Wechsel ist, tritt auch bei Annahme einer lebenden, wahrhaft assimilirenden »Substanz« als Problem auf. In dieser Form sah das Problem auch Roux (vgl. »Nachwort« zu Ges. Abh. pag. 1021). Zu näherer Erörterung desselben ist hier nicht der Ort.

2) In Energetischem kann jene regulatorische Beschränkung offenbar nicht gelegen sein, denn es steht immer das Energiequantum der Außenwelt zur Verfügung.

wir sie sonst ganz und gar nicht gesucht hätten; vermögen doch manche Gallen sogar Adventiva zu bilden; ihre Elemente sind also in diesen Fällen sogar im Besitz sehr komplicirter Potenzen. Es ist offenbar, dass zu den »Beschränkungen« in hohem Maße auch die oben diskutirte primäre Athmung gehört, jene meist vorhandene Nothwendigkeit Sauerstoff zur Verfügung zu haben, weil sonst gewisse Stoffe wie Gifte wirken. Eben darin, dass die Bildung dieser Stoffe offenbar nicht umgangen werden, dass ihrer Schädlichkeit andererseits nicht genügend entgegengewirkt werden kann, zeigt sich eine Beschränkung tiefgreifender Art. Aber auch sie ist keine absolute Beschränkung; das lehren uns eben die Anaërobionten, zumal die fakultativen, d. h. jene Wesen, welche ohne oder mit Sauerstoff leben können. Sie zeigen uns, dass das Leben sich selbst band und beschränkte, wenn es obligatorische Aërobionten schuf. Warum freilich solches geschah, das können wir so wenig beantworten wie jede sich mit dem Specifischen befassende Frage.

Die »Beschränkung« in Hinsicht der Athmung ist, nach unserer Auffassung, eigentlich eine Beschränkung in Hinsicht gewisser unbekannter Stoffzersetzungen. Der Organismus »muss« eben meist jene Zersetzungsprodukte bilden, die unoxydirt giftig sind. Bei solcher Auffassung resultirt neben der Nothwendigkeit der Athmung natürlich gleichzeitig die Nothwendigkeit der Ernährung, von der wir daher gar nicht im Besonderen redeten: jener Stoff, aus dessen Zerfall unsere Gifte hervorgehen, »muss« offenbar immer durch Synthese wieder erzeugt werden können, wenn Lebensvorgänge dauernd bestehen sollen. Ist doch übrigens Ernährung nie in so fundamentaler Weise permanent nothwendig, wie meist die primäre Athmung; sie dient weniger der Lebens- als der Leistungsfähigkeit, indem durch sie ja auch die Vorbedingungen zur Bildung jener Stoffe gegeben sind, welche, wie erörtert, in der sekundären Athmung oder durch Spaltung zu energetischen Effekten benutzt werden. —

Nachdem wir mit unseren letzten Aussagen wieder auf den Ausgang unserer Untersuchung hingelenkt wurden, beschließen wir diesen Exkurs über »Assimilation und Athmung«.

Weiter gehende Spekulationen sollen dieser Studie absichtlich fern gehalten werden, und so sei denn auch der Versuch unterlassen auszuführen, wie und durch welche Potenzen gekennzeichnete man sich das »Vitalagens« zu denken habe, wie es zum Begriff der Materie und des chemischen Elementes sich stelle, wie es die Materie gleichsam »benutze« u. s. f. Auch sei über die mit dem Begriff des

»Lebens« eng zusammenhängenden Begriffe des Todes und der Lebensunentstehung (Urzeugung) geschwiegen[1]).

Nur dieses Eine sei hier gesagt, dass nämlich eine ausgebaute Lehre vom Vitalagens die beiden Energiesätze nicht verletzten — ich sage nicht »dürfte«, sondern könnte. Denn diese beiden Sätze sind nichts Anderes als eine bestimmte Fassung des aprioristischen Satzes von der Kausalität; jede in sich folgerichtige Durchdenkung eines Gebietes muss also zur Harmonie mit ihnen führen. Auf diese Dinge werden wir noch einmal, an der Hand eines größeren Materials, zu sprechen kommen.

Kapitel VI.

Analytische Betrachtungen über Formregulationen.

1. Logische Vorbemerkung.

Der ganze erste Haupttheil unserer Schrift war deskriptiv, der zweite Haupttheil war in seinem Anfang klassifikatorisch, er subsumirte unter Kollektivbegriffe; er wurde dann analytisch, drang aber nur bis zur Schöpfung gewisser elementarer Begriffe vor (primärer Reiz, Vermittelung, prospektive Potenz etc.).

Solche Begriffe nun sind für rationelle Wissenschaft zwar Vorbedingung, genügen aber noch nicht für sie; sie verlangt, nach der Analyse, bewusste Synthese des Analysirten: sie verlangt synthetische Kunstbegriffe, die eben wegen ihres Ursprungs aus der elementaren Analyse zu den Kollektivbegriffen in Gegensatz stehen. Diese Kunstbegriffe haben sich nach dem Gegebenen zu richten: sie stellen sachlich Ungetrenntes, sachlich Einfaches in begrifflich trennbarer, zusammengesetzter Form dar.

Auch diese Kunstbegriffe aber sind nur eine Vorbedingung für rationelle Wissenschaft, welche vielmehr in Aussagen über Beziehungen zwischen ihnen besteht[2]).

---

1) Auch eine Erörterung der Begriffe »Altern« und »Lebensdauer« würde in diesen Zusammenhang gehören.

2) Vgl. hierüber meinen Aufsatz: »Von der Allgemeingültigkeit wissenschaftlicher Aussagen« Biol. Centr. 20. 1900.

Jener Kirchhoff so oft nachgesprochene Satz, dass »Beschreiben« Aufgabe der Wissenschaft sei, war am Platze gegenüber den Wüstheiten der fiktiven Physik, deckt aber das Wesen der »Wissenschaft« nicht entsprechend. Denn »beschreiben« nennt man im Leben die Darlegung von Dingen und Vorgängen, die an bestimmten Ort und bestimmte Zeit gebunden sind, und gerade

Wir haben nun, nachdem wir in unserem Vorgehen bis zur Schöpfung einiger analytischer Begriffe gelangt waren (B. Kap. III), den streng fortschreitenden analytischen Weg verlassen, und sogleich einige Beziehungsaussagen über das Allgemeine an Regulationsvorgänge vorgebracht, um uns darauf problematischen, hypothetischen Dingen zuzuwenden.

Wir thaten solches aber wahrlich nicht gern, sondern weil wir es mussten, weil wir von der Sachlage dazu gezwungen wurden: das Allgemeine der Regulationsvorgänge ist eben sachlich zur Zeit so wenig durchschaut, dass es nichts Anderes als recht unbestimmte und dazu größtentheils hypothetische Aussagen erlaubt.

Wenn wir es nun versuchen wollen, im Folgenden auf dem schon oben betretenen, von uns für den richtigen gehaltenen Weg rationeller Wissenschaft weiter zu schreiten, so kann das nur dadurch geschehen, dass wir uns eine Beschränkung auferlegen: wir wollen nicht mehr das Allgemeine an Regulationen studiren, sondern etwas Besonderes an einer großen Klasse von ihnen.

Durch diese Beschränkung werden wir zu weiterem fruchtbaren Verfolgen unserer analytischen Bestrebungen befähigt sein. Die Formregulationen sind es, auf die sich unsere Beschränkung erstrecken soll; wird es doch der Leser bereits bemerkt haben, dass unsere Betrachtung, sobald sie etwas mehr ins Einzelne ging, stets auf Formregulationen exemplificirte, z. B. im Abschnitt über die Vermittelungen. Das hatte tiefere Gründe: nur in Bezug auf Formregulationen konnten wir mehr ins Einzelne gehen, nur in Bezug auf sie konnten wir inhaltreicher werden.

2. Von der Sonderstellung der Formregulationen.

Denn die Formregulationen sind vor allen Anderen ausgezeichnet durch einen besonderen, schon im Namen ausgedrückten Charakter: dadurch, dass die Örtlichkeit des Geschehens in ihrer Specifität bei ihnen eine wesentliche Rolle spielt.

Die nicht formalen Regulationen kennzeichnen sich nur durch Qualität und Quantum als jeweils besondere: bei den Formregulationen kommt die örtliche Charakteristik zu diesen Kennzeichen als besonderes hinzu.

---

davon abstrahirt wahre Wissenschaft. Leider hat jenes von seinem Autor gut gemeinte Wort viel Konfusion gestiftet. — Vgl. hierzu auch meine »Biologie als selbständ. Grundwiss.« § 5, und Schuppe, Grundriss d. Logik pag. 76.

So können wir denn, wenn wir schon, wie wir leider sahen, über das Allgemeine der Regulationen nicht viel aussagen können, einen Charakterzug einer großen Klasse von ihnen, eben die Örtlichkeit der Formregulationen, zu einem Sonderproblem für uns machen und uns fragen, ob wir aus einer tiefer dringenden Analyse der rein örtlichen Verhältnisse, die bei ihnen obwalten, nicht größeren Gewinn im Sinne unseres Ideals einer rationellen Wissenschaft gewinnen können.

Diesem Bestreben sei der Schluss unserer Arbeit gewidmet, und zwar soll dieser Abschnitt derselben (VI) rationell vorschreiten bis zur Schöpfung einer Anzahl synthetischer Kunstbegriffe, während der nächste Abschnitt (VII) dem Versuch einiger rationeller Beziehungsaussagen über Formregulationen gewidmet sein soll.

3. Von der Vertheilung und der Mannigfaltigkeit der Potenzen für Formregulationen.

Am Ganzen des Organismus sind, in Hinsicht der an ihm möglichen Formregulationen, offenbar an erster Stelle potenzfreie und potenzbesitzende Theile zu unterscheiden, wobei sich der Ausdruck Potenz nicht auf eine Kategorie von Regulationen allein, sondern auf alle an einer Art mögliche Formregulationen bezieht, aber selbstredend (s. pag. 122) nur »sekundäre« Potenzen umfasst. Manche Theile des Organismus können Formregulationen leisten, manche nicht, womit nicht gesagt ist, dass nicht auch einmal eine Organismenart in allen ihren Theilen potenzbesitzend sein könnte, was freilich praktisch nicht einmal bei Tubularia und Planaria verwirklicht ist[1]). So können wir denn praktisch stets den fertigen Organismus als Ganzes als ein inäquipotentielles Totalsystem bezeichnen: in Hinsicht auf das Totale der sekundären Potenzen sind seine Theile verschieden; einige besitzen Potenzen, andere nicht.

Gehen wir von dem Totalen der sekundären Potentialität über zu Potenzen für verschiedene Regulationsfälle, wie sie in unserem Katalog klassificirt sind, so finden wir, dass nicht alle potenzbesitzenden Theile des Organismus Potenzen für alle Fälle besitzen: die einen besitzen sie für diese, die anderen für jene Fälle, wie ja auch die

1) Bei ersterer ist der Rüssel, bei letzterer der vorderste Körpertheil ohne regulative Potenzen.

einen in dieser, die anderen in jener Hinsicht ihre Funktionen ausüben.

Also auch die potentialen Theile des Organismus sind unter sich inäquipotentiell.

Man bemerkt, dass wir schon hier die beiden Seiten des Begriffes der prospektiven Potenz in Rücksicht gezogen haben: ihre Vertheilung und ihre Art; in Rücksicht auf beide ist der Organismus als Ganzes inäquipotentiell.

Es fragt sich weiter, in welchem Grade die potenzbesitzenden Theile des Organismus unter sich inäquipotentiell sind. Hier zeigt sich nun, wie aus einer alsbald folgenden Aufzählung von Fällen noch klarer werden wird, dass die Inäquipotentialität der sekundärpotentialen Theile sich nie bis auf die einzelnen Zellen erstreckt; es giebt schließlich immer Zellenkomplexe (Gewebe, Organe), welche unter sich gleiche sekundäre prospektive Potenzen haben: in letzter Linie also baut sich der Organismus aus äquipotentiellen Partialsystemen[1]) auf.

Nach dieser endgültigen Analyse der allgemeinen Vertheilung der sekundären Potenzen, die uns auf äquipotentielle Systeme als Letztes führten, gehen wir dazu über den Umfang der Potenzen, anders gesagt, ihre Mannigfaltigkeit, in ebenso allgemeiner Form zu untersuchen.

Hier gilt zunächst der Satz: Die äquipotentiellen Partialsysteme des Organismus können entweder nur einem oder mehreren Regulation auslösenden Reizen antworten, oder anders gesagt: für verschiedene Reize können die zum Entsprechen nothwendigen Potenzarten auf verschiedene äquipotentielle Systeme vertheilt sein, oder sich auf einem bei einander finden.

Es handelt sich dabei in dieser allgemeinen Fassung sowohl um einzelne Reize wie auch um Reizkategorien.

---

1) Auch der echten Regeneration liegt ja nach unserer Auffassung (vgl. pag. 56) ein äquipotentielles System als letztes zu Grunde. Damit modificire ich die »Lokalisation« pag. 71 und »Referat für 1898« pag. 809 ausgesprochene Ansicht. Die neue ungezwungenere Auffassung ist mir möglich geworden durch meine Analyse des Regenerationsverlaufs, zumal durch die Aufstellung der »Beendigung der Regeneration« (pag. 52ff.). Weiteres über Konsequenzen meiner Auffassung folgt im Text.

Wir bringen zunächst einige Beispiele:

Die Iris kann lediglich, und andererseits sie allein kann auf Entfernung der Linse regulativ antworten. Das Bein eines Triton kann, nach Herstellung eines freien Querschnittes, nur Beinmaterial wieder herstellen, Entsprechendes gilt vom Schwanz desselben, wobei wir freilich auf Grund unserer Regenerationstheorie annehmen, dass jeder Querschnitt des Beines oder Schwanzes Solches potentia in gleichem Umfang vermöchte und im einzelnen Fall zur Specifität seines Produktes durch äußere, d. h. nicht in ihm selbst gelegene Faktoren bestimmt werde.

Anders liegt die Sachlage schon bei den groben, äußeren Verhältnissen der Regeneration der Anneliden: hier kann jeder Querschnitt des Leibes Vorder- oder Hinterende bilden, je nachdem jenes oder dieses fehlt[1]). In der Epidermis der Blätter mancher Pflanzen liegen ferner Systeme vor, welche sowohl Regulationen adaptiver Art, etwa mit Rücksicht auf Feuchtigkeit oder Trockenheit leisten können, und welche ebenfalls befähigt sind, Ausgangspunkt von Adventivbildungen zu werden. Solche Fähigkeit ganz differenten Reizkategorien zu entsprechen, zeigt nun in allerhöchstem Grade das Cambium der Phanerogamen, welches überhaupt eines der seltsamsten sekundären Äquipotentialsysteme ist, welches wir kennen: alle durch Erhöhung der Intensität des Wasserstromes hervorgerufenen Adaptivleistungen im Gefäßtheil gehen von ihm aus, desgleichen die Bildung von für mechanische Beanspruchung nothwendigen Elementen, dann aber kann das Cambium auch, wo es noth thut, Adventiva erzeugen und zwar Sprosse und Wurzeln gleichermaßen, wobei letztere Alternative nur davon abhängt, ob ein cambialer Querschnitt das organisatorisch »obere« oder ob er das »untere« Ende eines Zweigabschnittes darstellt (Vöchting), endlich ist auch bei der Bildung jener von Vöchting beobachteten vikariirenden Knollen ganz vorwiegend wieder das Cambium betheiligt. Das Cambium ist für die Pflanzen somit recht der Typus eines äquipotentiellen Systems mit Rücksicht sekundärer Potenzen.

Ein sehr mannigfaches äquipotentielles System stellt Hydra dar: die Wand eines Hydrastückes kann Tentakeln bilden, oder Tentakeln resorbiren, oder Verwachsungen leisten oder durch Wachsthum

1) Die Regeneration der Anneliden bietet noch andere Probleme hinsichtlich der zu Grunde liegenden Potentialität dar, als nur dieses; davon wird später die Rede sein.

aus durchaus atypischen Formen typische gestalten (Rand). Wachsthums- und Verlagerungsversuche sind es überhaupt, die uns eine erstaunliche potentielle Mannigfaltigkeit jenes einzelnen Theiles eines äquipotentiellen Systems offenbaren: man denke an das der Regeneration folgende Ausgleichswachsen und an Planaria: hier kann geradezu jeder Theil des äquipotentiellen Körperabschnittes (d. h. des ganzen Körpers mit Ausschluss des Pharynx und des vordersten Theiles) allemal das, was gerade durch die gegebene Konfiguration des Bruchstückes gefordert wird.

Wir sprachen weiter oben den Regenerationsanlagen leistenden Systemen eine oftmals sogar nur eindeutig bestimmte Potentialität zu, es ist aber klar, dass innerhalb der fertigen zur Ausgestaltung bereit liegenden Anlage, also eben bei deren Differenzirung, die Verhältnisse ganz anders liegen. Wenigstens ist das zu vermuthen; Versuche liegen nicht vor. Wir meinen aber und sprachen es schon (pag. 49) aus, dass Versuche wohl ergeben würden, dass entweder alle einzelnen Theile einer Regenerationsanlage ebenso äquipotentiell seien wie die Elemente eines abgefurchten Echinidenkeimes, oder dass wenigstens, falls, etwa in der Regeneratanlage des Amphibienschwanzes, die Abkömmlinge der »embryonalen« Zellen der einzelnen Gewebe (Barfurth) jeweils gesonderte prospektive Systeme für sich sind, wie Ektoderm und Entoderm in der Echinidengastrula, dass dann doch eben diese Systeme in sich äquipotentiell sein möchten.

Wie dem auch sei: das, was die vorliegenden äquipotentiellen Systeme, in jedem ihrer Elemente gleichermaßen, leisten könnten wäre, wenn unsere Regenerationstheorie wenigstens in ihren Grundzügen richtig ist, im einen wie im anderen Falle von außerordentlich großer Mannigfaltigkeit, nämlich von eben so großer wie es von mir für die Zellen des Blastoderms oder mindestens des Ekto- und Entoderms der Echiniden konstatirt ist[1]).

Wir haben durch unsere Beispiele den Begriff der Mannigfaltigkeit der prospektiven Potenz erläutert: es ist klar, dass wir das Geschilderte unschwer in feste Begriffe bringen können: wir wollen jene Systeme[2]), welche nur eine Reaktion leisten können, eindeutig-

1) Vgl. mein Referat für 1898 in den »Ergebnissen« pag. 727f. u. 764f. Ferner meine »Lokalisation« und sonstige Schriften, sowie spätere Abschnitte dieser Schrift.

2) Wie oben gesagt, beruhen in letzter Linie alle sekundären Formleistungen auf äquipotentiellen Systemen, daher kann das Wort äquipotentiell bisweilen im Text fortbleiben. Vorkommnisse wahrhaft inäquipotentieller

determinirte äquipotentielle Systeme nennen; die an erster Stelle von uns aufgeführten Beispiele gehören hierher. Die zweite Kategorie unserer Beispiele verlangt aber eine Auflösung: wir wollen zweideutig-determinirte, dreideutig-, mehrdeutig-determinirte und indeterminirte äquipotentielle Systeme sondern. Der letztgenannte dieser Begriffe wird uns später noch ganz besonders beschäftigen.

Nur Erfahrung kann über die jeweilige Determination etwas lehren, wie sich denn ja gerade in ihr, neben der Vertheilung der Potenzen, der specifische regulatorische Charakter der Formen ausprägt: im Allgemeinen werden wir vorsichtig sein müssen, den Systemen nicht eine zuwenigdeutige Determination zuzuschreiben; sie kann mannigfacher-deutig sein als wir wissen: die Gallen haben uns das gezeigt. Ja, wer hätte der Iris der Urodelen ohne Wolff's Versuche überhaupt sekundäre Potenzen zugeschrieben, wer hätte ohne die Versuche von Herbst gedacht, dass es vom Besitze oder Verlust eines Ganglion abhängt, ob sich die Potenz gewisser Zellen des Krebskopfes in echt regenerativer oder in heteromorphotischer Weise äußert, wer hätte es ohne Beyerinck's Versuche für möglich gehalten, dass deutliche Anlagen von Knospen zu Wurzeln, dass Wurzelanlagen zu Sprossen sich unter Umständen auszugestalten vermögen[1]).

4. Vom Inhalt der Potenzen für Formregulationen.

Von der Vertheilung und von der Mannigfaltigkeit der Potenzen haben wir gehandelt: die erste bezog sich auf verschiedene Theile des Organismus, sie führte zu den Begriffen der äqui- oder inäquipotentiellen Systeme; die zweite bezog sich auf die Gesammtheit der möglichen Leistungen, sie führte zu den Begriffen der ein- oder mehrfachen Determinirtheit, beziehungsweise der Indetermination.

Wir wollen jetzt Charaktere der Potenzen erörtern, die sich auf die Beschaffenheit der jeweiligen Leistung im Einzelnen beziehen, in diesem Sinne wollen wir vom Inhalt der sekundären prospektiven Potenzen handeln.

Im deskriptiven Theil haben wir bei Erörterung des Regenerations-

---

Systeme, wie sie, mindestens in gewissen Abschnitten, etwa beim Annelidene hinsichtlich der primären Potenzen vorkommen, sind bezüglich sekundärer Potenzen zur Zeit nicht bekannt: einzellige Organe an ausgewachsenen Organismen sind eben sehr selten.

1) Vgl. hierzu Pfeffer, Pflanzenphysiol. II. pag. 166.

verlaufes Anlage und Ausgestaltung des Regenerates unterschieden. Von der letzteren sagten wir, und wiederholten es noch kürzlich, sie falle im Grunde unter den Begriff der Differenzirung, wie die Ausgestaltung eines abgefurchten Keimes oder wenigstens einer Gastrula. Den einzelnen äquipotentiellen Systemen der Anlage in einem bestimmten Zeitpunkte ihrer Ausgestaltung brauchen also keine anderen Potenzen zugesprochen zu werden, als sie auch ein sich entwickelnder Keim in einem bestimmten Zeitpunkt seiner Ausgestaltung besitzt: das sind aber, wenigstens so weit immer nur das nächste Folgestadium der Ausgestaltung in Betracht gezogen wird, Potenzen, welche in sich einfache, einheitliche Geschehnisse ermöglichen, also etwa bei Echiniden die Differenzirung von Cölomzellen, von Mitteldarmzellen, von Wimperzellen und so fort.

Wir werden solche Potenzen einfache prospektive Potenzen nennen; ihr Inhalt bezieht sich auf Einfaches.

Es ist nun ohne Weiteres klar, dass allen morphologischen Anpassungsregulationen an Faktoren der Außenwelt solche einfache Potenzen zu Grunde liegen: also etwa dem Cambium zur Bildung mechanischer oder leitender Zellen, der Blattepidermis zur Cuticular- oder Haarbildung, dem thierischen Bindegewebe zur Faserbildung für Cysten und so fort. Alle hierbei in Betracht kommenden Potenzen sind im Grunde ebenso einfach, wie solche für nichtmorphologisches, rein funktionelles Geschehen, also etwa für die Antitoxinbildung.

Die Dinge liegen nun aber ganz anders, wenn wir nicht die Ausgestaltung einer Regenerationsanlage und deren Voraussetzungen, sondern die Anlagebildung selbst und ihre Voraussetzung beispielsweise ins Auge fassen:

Wenn wir hypothetisch aussagen, dass jeder Querschnitt des Tritonbeines oder -schwanzes gleichermaßen[1]) zur Herstellung der Totalität des Bein- oder Schwanzmaterials, als Anlage, befähigt sei, wenn wir ohne Hypothese, sondern gesichert, aussagen können, dass jeder Theil der Iris des Tritonauges eine Linsenanlage, dass jeder[2]) Theil des Ektoderms des Lumbriculus (nach v. Wagner) eine Hirnanlage, dass jeder Theil der Nervaturepidermis des Blattes von

1) Es liegt hier wieder unsere Theorie der Regeneration zu Grunde, welche in der Beendigung derselben ein positives Geschehnis sieht.

2 Wir dürfen so sagen, da doch offenbar der operative Schnitt in dem Regeneration auslösenden Versuch willkürlich war. — Beiläufig sei bemerkt, dass es für die folgenden Betrachtungen ohne Belang ist, ob etwa besondere regenerative »Neoblasten« angenommen werden oder nicht.

Begonia, jeder Cambiumtheil der Weide eine Sprossanlage bilden könne: was heißt das Alles? Welcher Art Potenzen sind den Systemen, die solches können, mit Nothwendigkeit zuzusprechen?

Es ist klar, dass das keine einfachen Potenzen sind: es sind Potenzen zur Lieferung von Bildungen, die selbst einen großen Reichthum sich successiv bethätigender Potenzen besitzen, die ja eben desshalb »Anlagen« genannt sind; es sind Potenzen nicht für eine einheitliche, einfache Leistung, sondern für eine Abfolge, für einen Komplex von Geschehnissen, der nur zuerst (eben in der Anlage) geschlossen auftritt, um sich dann zu entfalten.

Wir wollen darum in diesen Fällen von prospektiven Potenzen für Komplexes oder kurz von komplexen Potenzen reden.

Die Querschnitte[1]) des Beines von Triton, die Zellen seiner Iris, die Epidermiszellen der Begonienblätter, die Cambiumzellen der Weide, die Ektodermzellen von Lumbriculus und viele andere thierische und pflanzliche Gebilde sind also im Besitze komplexer Potenzen.

Es möchte hier Jemand einwenden, dass es für die von uns hier aufgeführten Geschehnisse überhaupt keiner besonderen Potenzen bedürfe; alles Formrestitutionsgeschehen, möchte er sagen, verlaufe im

---

1) Wir wählen mit Absicht diesen unbestimmten Ausdruck; ist doch das meiste das von uns über Regeneration Gesagte zur Zeit leider hypothetisch.

Um hier, unter dem Text, noch Einiges zur Analyse der Regeneration zu bemerken, so würde Angesichts unserer Etappentheorie (s. pag. 52ff.) die komplexe Potenz für die Regenerationsleistung, bei etappenartigem Verlauf derselben, die Bedingungen eben dieses Verlaufs naturgemäß einschließen; man könnte sich das so denken, dass es im Charakter jener komplexen Potenz gelegen sei, successive, in geregelter Folge, mit der distalsten beginnend, eine Partialanlage nach der anderen zu liefern, bis diese Lieferung, da sie zu schon Vorhandenem führen würde, sistirt wird. Jene Potenz verdiente damit eigentlich die Bezeichnung »Komplex zweiten Grades«, denn sie liefert nicht nur Komplexes, sondern sogar einen Komplex von Komplexem.

Bei der Hirnregeneration des Lumbriculus, die wir schon oben (pag. 46) als Adventivbildung zu bezeichnen geneigt waren, kommt übrigens die Etappentheorie nicht in Frage. Sie ist — und das gilt vielleicht für die Hirnneubildung aller Anneliden — ein Vorgang für sich; das etappenmäßige Geschehen setzt erst bei der Neubildung, dem »Einschub«, der posteerebralen Segmente ein, die aber ein von der Hirnbildung ganz gesonderter Vorgang ist, der sich mit Sicherheit auf der Basis anderer äquipotentieller Systeme wie sie abspielt. Es ist also nicht etwa bei Anneliden die Hirnbildung die erste »Etappe« der Regeneration in unserem Sinne, der die Einschübe neuer Segmente als weitere Etappen folgten, mag sie gleichwohl bei ihnen das erste regenerative Geschehnis überhaupt sein.

Anschluss an das Vorhandene, und eben dieses Vorhandene drücke ihm den specifischen Charakter auf. Ganz abgesehen davon, dass ein wahrer »Anschluss« an das Vorhandene nur bei gewissen Regenerationen stattfindet, ist es leicht, das gänzlich Unberechtigte und Unüberlegte eines solchen Einwandes zu erweisen. Ist es doch gerade der Haupteharakterzug aller Restitutionen, dass sie etwas herstellen, was nicht vorhanden ist. Wie soll es aber etwa an einem Femur liegen, dass sich eine Anlage ausgestaltet zu einer komplicirten Bildung, die ein Femur gerade nicht ist? Und hier fand sogar direkter »Anschluss« des Regenerates an den Stamm statt, wovon in anderen Fällen, bei der Neubildung des Hirnes von Ciona oder Lumbriculus, bei der Linsenbildung des Triton, gar keine Rede ist. Ohne Rücksicht auf vorhandenen Anschluss oder Nichtanschluss ist also für alle Restitutionsregulationen die Annahme besonderer und zwar komplexer Potenzen für ihre Anlage und damit auch für den anlageliefernden Boden, das anlageliefernde äquipotentielle System, unabweislich.

5. Exkurs über das allgemeine Vorkommen komplexer Potenzen. (Das »Vererbungsproblem«.)

Zur Erläuterung des Begriffes der einfachen Potenz gingen wir aus von gewissen früher[1]) von uns analysirten ontogenetischen Phänomenen; wir wollen jetzt auch zur näheren Einsicht in Wesen und Vorkommen komplexer Potenzen auf unsere Analyse ontogenetischer, also auf Basis primärer Potenzen geschehender Phänomene zurückgreifen.

Ich habe die primären Potenzen, welche dem Entwickelungsgeschehen zu Grunde liegen, in explicite und implicite Potenzen gesondert[2]): explicit ist die Potenz eines beliebigen im Lauf der Ontogenese auftretenden äquipotentiellen Systems, insoweit sie sich auf das nächste, unmittelbar an ihm Geschehende bezieht; aber es geschieht notorisch von dem in einem beliebigen ontogenetischen Stadium auftretenden System aus nicht nur unmittelbar etwas, sondern

1) Analytische Theorie 1894. Referat für 1898 in den »Ergebnissen d. An. u. Entw.« 1899.

2) Die Sache selbst findet sich schon Anal. Theorie pag. 85, die Worte sind gebraucht in meiner Arbeit »Zur Analysis der Potenzen embryonaler Organzellen« Arch. Entw.-Mech. 2. pag. 197.

auch mittelbar, indem an dem unmittelbar von ihm Ausgegangenen wieder etwas geschieht und so fort; eben in Bezug auf diese Gesammtheit alles Künftigen ist die Potenz eines beliebigen Systems implicit genannt worden.

Es ist nun klar, dass nur unsere expliciten ontogenetischen (primären) Potenzen einfache Potenzen sind, während die impliciten in die Reihe der komplexen Potenzen gehören.

So kommen also komplexe Potenzen nicht nur als Grundlage von Restitutionen vor.

Es besteht aber ein tiefgreifender Unterschied hinsichtlich des Auftretens komplexer Potenzen in der Ontogenese und für Regulationen.

Die komplexe (primäre) Potenz eines Keimtheils ist überkommen vom Ei her, welches die Gesammtheit aller Differenzirungsmannigfaltigkeiten der Species implicite in sich trägt; wie die Gesammtpotenz des Eies ist auch sie eine Potenz in Bezug auf eine künftige Gesammtheit, eine implicite Potenz; die Mannigfaltigkeit, auf die sie sich bezieht, wird also mit fortschreitender Ontogenese, d. h. unter fortwährender Bethätigung expliciter einfacher Potenzen immer beschränkter, bis, auf dem vorletzten ontogenetischen Stadium, nur eine einfache, explicite Potenz für die Systeme übrig bleibt und complexe Potenzen, die zugleich die impliciten Potenzen waren, geschwunden sind.

Bei Restitutionen ist Alles umgekehrt: das der Formrestitution fähige äquipotentielle System hat als solches explicite die Fähigkeit der Anlagebildung, und eben diese explicite Potenz ist eine komplexe. Es wird nicht, wie in der Ontogenese, Alles immer weniger mannigfaltig, immer beschränkter, sondern plötzlich tritt neues Mannigfaltige auf.

Die komplexen Potenzen für Restitutionsanlagen sind also nicht, wie die (impliciten) ontogenetischen komplexen Potenzen von noch höherer potentieller Komplikation her überkommen, sondern sind die Voraussetzung zu neu entstehender potentieller Komplikation, nämlich eben zu »Anlagen« und damit zu Allem, was in diesen ruht.

Bei der Bildung restitutiver Anlagen stellt sich das Geschehen nicht dar als Folge eines Ausgangspunktes, sondern ein neuer Ausgangspunkt ist Folge des Geschehens. —

Doch können wir diese Gegensätze zwischen primären und sekundären Potenzen versöhnen, wenn wir die Ontogenese unter einem

anderen Gesichtspunkt auffassen, wodurch zugleich die Tragweite des Begriffs der komplexen Potenz bedeutend vergrößert werden wird:

Wir betrachten nicht den Ablauf der Ontogenese als Folge der immer beschränkter werdenden implicitcn Eipotenz, sondern wir betrachten das Ei als Anlage des ontogenetischen Verlaufs und die Potenz, welche das Ei charakterisirt, als Folge der Potenz des Organs, des »äquipotentiellen Systems« dem unsere »Anlage«, d. h. eben das Ei, entstammt, also des Eierstocks der vorhergehenden Generation.

Diese (primäre) Potenz der ontogenetische Anlagen, d. h. Eier, liefernden Organe ist dann eine zugleich explicite und komplexe Potenz, ganz wie die (sekundären) Potenzen der äquipotentiellen Systeme für Restitutionen komplexe und doch explicite Potenzen sind. Auch hier ist — jetzt »primär«, d. h. im normalen ontogenetischen Ablauf — ein neuer Ausgangspunkt »Folge des Geschehens«, auch hier »tritt plötzlich neues Mannigfaltige auf«, auch hier handelt es sich um »neu entstehende potentielle Komplikation«.

Der Unterschied liegt nur in dem typisch geregelten, »normalen« (primären) Charakter der Eientstehung und in dem regulativen, »abnormen« (sekundären) Charakter der Entstehung von Restitutionsanlagen, womit auch typische Örtlichkeit des Vorgangs in jenem, accidentielle, d. h. durch die Operation gesetzte Örtlichkeit des Vorgangs in diesem Falle verknüpft ist.

Mit allem Diesen ist aber gesagt, dass das sogenannte »Problem der Vererbung« den Begriff der komplexen Potenz, genauer gesagt: den Begriff des äquipotentiellen Systems mit expliciten komplexen Potenzen in sich schließt, wie ihn auch die Restitutionsregulationen in sich schließen.

Man hat geglaubt, die Vererbung durch eine Theorie der »Kontinuität des Keimplasmas« begreifen zu können, eine Meinung, die auf den ersten Blick wegen jenes erwähnten typischen Charakters der Örtlichkeit der Eibildung annehmbar erscheint, während sie angesichts der atypischen, accidentiellen Örtlichkeit der Entstehung von Restitutionsanlagen wohl von vorn herein abzuweisen wäre.

Gleichwohl hat man auch bei diesem angeblichen »Begreifen« der Vererbung etwas ganz Wesentliches übersehen.

Doch davon werden wir in einem späteren Kapitel handeln, in welchem überhaupt die großen Probleme, die der Begriff des äquipotentiellen Systems mit komplexen explicitcn Potenzen in sich schließt, einer eingehenden Behandlung unterzogen werden sollen.

Kapitel VII.

Versuch eines Einblicks in die Gesetzlichkeit gewisser Formregulationen. — Die Autonomie der Lebensvorgänge.

In diesem Schlussabschnitt unserer theoretischen Betrachtungen wollen wir versuchen, aus unseren analytischen Erörterungen einige Folgerungen zu ziehen, welche, über die reine Begriffszergliederung und Begriffszusammensetzung sich erhebend, uns einen Einblick in die Gesetzlichkeit wenigstens gewisser Klassen von morphologischen Regulationen gewähren.

Die Formulirung dessen, was man Naturgesetze zu nennen pflegt, ist also das Ziel dieses Abschnittes, mögen es auch nur Gesetze sein, die gewisse Specialfälle des regulatorischen Geschehens betreffen.

Wir werden bald sehen, dass unsere Betrachtungen uns gleichwohl, trotz ihrer Beschränkung auf Sonderheiten, zu sehr wichtigen Dingen, zur Einsicht in die Autonomie der Lebensvorgänge, führen werden.

1. Vom Begriff des »Metaphysischen« und seines Gegentheils.

Wir wollen in unserem Vorhaben durchaus voraussetzungslos verfahren, also unsere hypothetischen Allgemeinbetrachtungen über das »Lebensagens«, die wir anlässlich unserer Gedanken über Assimilation und Athmung gepflogen haben, nicht dabei benutzen, obschon sich in Zukunft wohl alles im Folgenden zu Sagende und vieles Andere aus einer wahren Theorie des Lebens heraus entwickeln lassen und gleichsam als nebensächliche Folgerung aus jenem Allgemeinen erscheinen möchte.

Jetzt ist es nicht nebensächlich, denn jetzt ist es das Einzige, was wir von einer rationellen selbständigen Biologie besitzen.

Da alles Folgende voraussetzungslos sein soll, wird es auch naturgemäß unmetaphysisch, rein phänomenal-naturwissenschaftlich sein, ebenso wie die Galilei'schen Fallgesetze oder das Brechungsgesetz unmetaphysisch sind.

Und zwar wollen wir uns bemühen, wirklich unmetaphysisch

zu sein, nicht aber die Metaphysik an einer Stelle hinauszusetzen, damit sie an der anderen desto ungehinderter wieder hineinschlüpfe. Von diesem Vorwurf sind gerade einige Solche nicht freizusprechen, die sich besonders ihrer »antimetaphysischen« Tendenzen rühmen.

Auch soll uns »unmetaphysisch« nicht so viel heißen, dass wir nun gewisse unbequeme Probleme einfach auf die Seite stellen und nicht beachten, ein Vorwurf, der ebenfalls manchen »Antimetaphysikern« nicht erspart werden kann.

Es ist gewiss ein großes Verdienst von Mach, einer vorurtheilslosen, »ökonomischen«, anders gesagt »funktionellen« Physik das Wort geredet zu haben, und wir bekennen gern, dass wir seinen methodologischen Ausführungen, neben denjenigen von Paul du Bois-Reymond und Ostwald, Manches für unsere Auffassung biologischer Methodik verdanken.

Aber der »Antimetaphysiker« Mach verfiel in die beiden genannten Fehler. In der Physik zwar ist er nicht Metaphysiker; er wird es aber, sobald der bei einem solchen Denker so seltsam sich ausnehmende Darwinismus nur irgend wie ins Spiel kommt. Was soll man dazu sagen, wenn man folgende Stelle bei einem Erkenntniskritiker liest: »Die Abgrenzung des Ich stellt sich daher instinktiv her, wird geläufig und befestigt sich vielleicht sogar durch Vererbung«! Das ist durchaus »Realismus vulgaris«, durchaus Metaphysik, ebenso, nur an anderem Orte, wie die Atomistik[1]).

---

1) »Analyse der Empfindungen« 2. Aufl. 1900. pag. 15.

Selbst in dem sonst so hervorragend klaren »Grundriss der Erkenntnistheorie und Logik« von Schuppe findet sich übrigens ein entsprechender Fehler (freilich ohne Phylogenie), wenn er die »Existenz« vieler »Bewusstseine«, vieler »Ichs« annimmt (pag. 22, 30 ff.). Es geschieht wohl aus Furcht vor dem subjektiven Idealismus, dem »Solipsismus«. Darum bleibt dieser doch der einzige unmetaphysische Standpunkt.

Wenn Avenarius bei einer gleichsam naiven Beschreibung der »reinen Erfahrung«, den »natürlichen Weltbegriff«, also den Realismus vulgaris, zu Grunde legt, so mag das angehen; in seiner erkenntniskritischen Schrift (»Der menschliche Weltbegriff«) dagegen bedeutet dieser Standpunkt, wie manches Andere bei ihm, meiner Meinung nach einfach eine Unvollständigkeit und daher einen Fehler; er hängt bei Avenarius mit der Auffassung des »Ich« zusammen. — Die genannte Schrift von Avenarius ließe sich überhaupt am besten als »Antrag auf Abschaffung der Philosophie« bezeichnen, ebenso wie Ziehen's »psycho-physiologische Erkenntnistheorie«, ungeachtet vieler einzelner trefflicher Ausführungen, weniger eine »Erkenntnistheorie« als deren Beseitigung bedeutet. Der Fehler der Annahme der Existenz mehrerer Bewusstseine findet sich übrigens auch hier, und an einigen Stellen wird auch Phylogenie getrieben.

Und in jenen anderen Fehler, den der Beiseitestellung von Problemen (aus Furcht vor Metaphysik?), verfällt der Antimetaphysiker Mach, wenn er z. B. die Kritik des Ich-Begriffs einleitet mit den Worten »Nicht das Ich ist das Primäre, sondern die Elemente (Empfindungen). Die Elemente bilden das Ich«[1]).

In den Fehler des Übersehens von Problemen, also der Unvollständigkeit, verfallen übrigens, und nicht nur in Hinsicht des »Ich«, nicht wenige von den Neuen. Die sogenannte »immanente« Philosophie ist meist, nicht immer, zwar eine unmetaphysische, aber auch eine unvollständige Philosophie, beziehungsweise Erkenntniskritik. Sie erhält meines Erachtens nichts Wesentliches, was sich nicht in der ersten Auflage der »Kritik der reinen Vernunft« oder in den erkenntniskritischen Stellen bei Schopenhauer und Hegel[2]) schon fände, nur dass es hier im Gegensatz zu den Neueren in nothwendiger Weise vervollständigt zu lesen steht[3]).

---

ohne die Erkenntnis, dass damit an den betreffenden Stellen ein metaphysischer Sprung gemacht wird.

1) Bezüglich des »Ich« ist von Neueren besonders arg im Sinne eines Übersehens, also einer Unvollständigkeit gesündigt worden. So (vgl. die vorige Anm.) von Avenarius, so von dem im Übrigen streng idealistischen Kaufmann, von Ziehen etc.

Alle übersehen, dass das Urtheil das »Ich« als Subjekt einschließt.

Sehr gute Ausführungen darüber findet man in dem oben citirten Werk Schuppe's.

Ich kann es mir nicht versagen, im Anschluss an das Gesagte ein treffliches Wort von Liebmann hier wörtlich abzudrucken (»Gedanken und Thatsachen« Heft 3. pag. 458). Gegen Hume polemisirend bemerkt er: »Die Stelle wirkt geradezu komisch und fordert zu einer Parodie heraus. Es ist dabei nur Eines übersehen; nämlich Derjenige, der die Stelle geschrieben hat. Wer oder was hat denn diese interessanten Beobachtungen gemacht? Ist es etwa das »Vorstellungsbündel«, von dem das Vorstellungsbündel beobachtet worden ist?« — Die Worte passen beinahe wörtlich auf Mach, Kaufmann, Ziehen, Avenarius u. A.

2) In wie hohem Grade Hegel die moderne »immanente« Philosophie anticipirt hat, verblüffte mich geradezu bei Lektüre der ersten Abschnitte seiner »Phänomenalogie« und der Einleitung von Gabler's »Kritik des Bewusstseins«. — Es ist das Verdienst von Bolland in Leiden, Hegel wieder »entdeckt« zu haben. Man wird sich das Gute von ihm holen und vielleicht einst von Schopenhauer und Hegel reden.

3) Es ist seltsam, dass wohl Jeder, der bisher über Kant und Schopenhauer »hinauszugehen« glaubte, stets nur kleine Inkonsequenzen derselben durch Fehler von mindestens gleichem Gewicht ersetzt hat. Das gilt zumal auch betreffs des »Apriori« (S. u. pag. 209).

Metaphysiker waren an den genannten Orten KANT[1]) und seine Nachfolger ungeachtet ihrer Vollständigkeit gleichwohl nicht.

Doch gehen uns alle diese Dinge inhaltlich hier nichts an, wir wollen nur methodisch aus ihnen lernen; wir wollen lernen, wovor wir uns zu hüten haben. Wohl haben wir uns vor Metaphysik zu hüten; wir sahen, dass wir uns sogar noch mehr vor ihr zu hüten haben als der »Antimetaphysiker« MACH; aber auch vor Unvollständigkeit haben wir uns zu hüten, wir haben uns in Acht zu nehmen, nicht Probleme zu übersehen und liegen zu lassen, bloß weil sie vielleicht seltsam geartete Probleme sind.

Metaphysik aber ist jede Aussage über ein sogenanntes absolutes Sein, d. h. über ein Sein, das Anderes bedeuten soll wie »in meinem Bewusstsein sein«. In diesem Sinne stehen wir ganz auf dem Boden idealistischer, meinetwegen auch immanenter oder »solipsistischer« Philosophie. Wir wollen aber auf ihrem Boden Alles, was möglich ist, aussagen.

Ob wir mit diesem Bestreben gewissen Biologen, die gerade selbst, ohne es zu wissen, Metaphysiker unkritischster Art sind, als »metaphysisch« erscheinen, ist uns durchaus gleichgültig.

2. Von den Beziehungsschemen.

Wir versuchen nunmehr, gewisse Arten der Abhängigkeit bei Formregulationen in einen strengen Ausdruck zu bringen, und solche Ausdrücke, um zu sehen, was mit ihnen gewonnen ward, mit »Gesetzen« in den anorganischen Wissenschaften zu vergleichen.

Alle solche Ausdrücke oder »Gesetze« verdeutlichen Beziehungen zwischen Theilen des Bewusstseinsinhaltes, die den Charakter der Räumlichkeit haben.

Sie können nach zwei Schemen gebildet sein: entweder man stellt alle Einzelfaktoren, von denen ein bestimmtes Geschehnis erwiesenermaßen abhängt, d. h. die erfüllt sein müssen, damit es eintritt, gleichermaßen neben einander; oder man sieht alle jene Faktoren bis auf einen als vorhanden an und betrachtet ihn und das, was mit seiner Erfüllung eintritt, gesondert.

Das erste Schema ist das funktionale, das zweite das causale.

---

1) Natürlich meine ich den wahren KANT, und zwar nach der ersten Auflage, nicht Realismus mit KANT'schen Anklägen, wie etwa HELMHOLTZ's »Zeichen«-Lehre.

Im zweiten redet man insbesondere von »Bedingungen«, »Ursache« und »Effekt«.

Das Erste ist leichter zu handhaben[1]), das Zweite ist anschaulicher, weil es im täglichen Leben eine Rolle spielt, wo so vielfach, beim Handeln, alle Bedingungen bis auf eine, auf die es eben ankommt, erfüllt sind.

Der aprioristische Begriff der nothwendigen Verknüpfung spielt bei beiden Schemen eine Rolle, beim funktionalen Schema aber in mehr unbestimmter, allgemeiner Form, beim causalen eben als »Causalität«.

Da alle wissenschaftlichen Beziehungssätze allgemeine Sätze[2]) sind, d. h. Sätze, die Subsumption von Einzelfällen gestatten (aus denen sie ja gewonnen wurden), spielt der »Satz vom Grunde« auch als »Grund« und »Folge« (ratio), logisch verstanden, bei ihnen stets eine Rolle, mögen sie nach dem ersten oder zweiten Schema abgefasst sein.

Die wissenschaftlichen Beziehungssätze dürfen aber, wenn sie bedeutungsvoll sein wollen, nicht zu allgemein sein, sie müssen auf alle Fälle etwas mehr aussagen, als dass überhaupt abhängiges Geschehen vorläge, denn das wissen wir vor aller Untersuchung. Aber sie werden auch dadurch nicht bedeutungsvoller, dass sie eine andere aprioristische Kategorie, die der Zweckmäßigkeit, in ihrer Allgemeinheit erhalten, dass sie also eine Beziehung auf ein zukünftiges Ganzes allgemein ausdrücken. Dadurch nämlich erfahren wir über die zum Eintritt der studirten Phänomene wirklich nothwendigen Faktoren gar nichts, wie es denn wohl sein mag, dass jene Beziehung auf ein zukünftiges Ganzes nur einer aus anderer Herkunft existirenden Konstellation entspringt und für den Eintritt des Geschehens selbst belanglos ist, welcher Fall bei Vorgängen an Maschinen realisirt ist.

Mit dem Nachweis von Zweckmäßigkeit in der allgemeinen Form des »Nützens« oder »Passens« etc. ist also gar nichts in Hinsicht der Art der vorliegenden Gesetzlichkeits- oder Causalitätsart ausgemacht[3]).

---

1) Namentlich gestattet allein dieses erste Schema die Anwendung der Mathematik, welche bloß von Abhängigkeiten, aber nicht von Causalem handelt.

2) Näheres siehe in meiner »Biologie« § 3 u. 4. Im Übrigen ist natürlich SCHOPENHAUER zu vergleichen, der in dieser Frage Vollendetes geboten hat.

3) Im Abschnitt IV unseres Haupttheils C wird auf alle diese Fragen erschöpfender eingegangen werden. Dort wird auch die teleologische Schrift COSSMANN's und Anderes diskutirt werden.

Wollten wir z. B. bei einer Maschine ein regulatorisches Geschehnis durch die Gleichung $x = \varphi\ (c, Z)$ ausdrücken, wo c die »Ursache« (oder den Komplex nothwendiger Faktoren, wie man will) Z das »Ganze« bezeichnet, so wäre dieser Ausdruck völlig nichtssagend, da wir wissen, dass jenes Geschehnis nur »in der Idee« des Maschinenbauers mit Z verbunden war, dass sein Eintreten aber in Wirklichkeit jedes Mal nur von einer, bei Erfüllung der Bedingungen, sehr wohl angebbaren Ursache abhängt, welche sogar recht wohl durch eine energetisch gleiche ersetzt werden könnte, die gar nichts mit dem ideellen Ganzen zu thun hat.

Es giebt zum Beispiel Kaffeemaschinen, bei denen die Spiritusflamme durch einen herabfallenden Deckel dann ausgelöscht wird, wenn das Gewicht des Kochbehälters sich durch Verdampfung des Inhalts (welcher überdestillirt), vermindert hat und jener Behälter in Folge einer Hebelvorrichtung sich hebt. Es ist aber klar, dass man hier das Fallen des Deckels durch alle möglichen anderen Faktoren, die mit dem »Ganzen«, dem »Ziele«, gar keine Beziehung haben, verursachen könnte.

Vor Sätzen, die nur ganz allgemein Teleologisches aussagen, haben wir uns also im Biologischen zu hüten: sie schaden uns zwar nichts, aber sie nützen auch nichts.

Leider schränkt diese Einsicht unser gegenwärtiges Leistungsvermögen und damit unsere Aufgabe im Biologischen außerordentlich ein, denn wir müssen offen bekennen, dass wir von sehr vielen Regulationen der Organismen nicht mehr als eben ihre Zweckmäßigkeit in allgemeiner Hinsicht kennen.

Wir müssten aber gewisse Realumstände des Geschehens, und zwar in analytischer Form, angeben können, um uns in mehr als Gemeinplätzen mit unseren Sätzen zu bewegen. —

Es ist schon oben angedeutet, dass lediglich jene Fälle von Regulationen, in denen die Örtlichkeit eine Rolle spielt, uns die Mittel an die Hand geben, um auch nur über die Voraussetzungen der Regulationen Entscheidendes auszusagen.

Wenn gewisse sich nicht morphologisch äußernde Regulationsgebiete, z. B. die Immunitätslehre, einst umfassender studirt sein werden, werden wir auch hier vielleicht inhaltreiche Allgemeinaussagen oder doch wenigstens inhaltreiche Allgemeinbegriffe schaffen können, zunächst können wir es, wenigstens in voraussetzungsloser Form, die wir hier anstreben, nicht.

Vor allen Dingen müssten wir, wie schon oben (pag. 139) betont ward, in Hinsicht nicht-morphologischer Regulationen das Eine wissen, ob die Zahl der Reize, denen entsprochen werden kann, unbeschränkt ist oder nicht, und solches wissen wir zur Zeit in keinem Falle.

So können hier denn, wie auch im vorigen Abschnitt, nur morphologische Regulationen in den Kreis der Erörterung gezogen werden, und von diesen auch nur gewisse Phänomene oder Seiten des Geschehens. —

Die Hauptschwierigkeit theoretischer Darstellungen im Gebiet der Biologie liegt an dem Mangel eingebürgerter Begriffe. Wir müssen uns hier die Grundvoraussetzungen des begrifflichen Konstruirens erst selbst schaffen. Wir müssen vom allerersten Anfang anfangen. Es ist das eine Folge davon, dass man so lange in falscher Dogmatik befangen war, dass man die Biologie nicht als elementare Wissenschaft anerkennen wollte, sondern in ihr nur angewandte Wissenschaft sah. Es hat zur Folge eine große Unvollkommenheit alles zur Zeit rationell Ausgeführten. Das darf uns aber nicht abschrecken, solche Ausführung zu unternehmen.

3. Die Differenzirung harmonisch-äquipotentieller Systeme.

[Erster Beweis der Autonomie der Lebensvorgänge.]

An erster Stelle gehen wir wieder auf die Differenzirung harmonisch-äquipotentieller Systeme ein, der wir früher eine Sondersehrift widmeten[1]), nicht um das dort Gesagte lediglich zu wiederholen, sondern um es, zumal in Hinsicht regulativer Ausgestaltungen, zu erweitern, sodann auch, um es theilweise in andere, wie uns dünkt in bessere Worte zu fassen. Zurückzunehmen haben wir von dem in jener Arbeit Gesagten nichts[2]).

1) Die Lokalisation morphogenetischer Vorgänge. Ein Beweis vitalistischen Geschehens. Arch. Entw. Mech. 8. Auch separat, Leipzig 1899.

2) Nur ein der Erwähnung werther Einwand ist einem Punkte meiner Ausführungen gemacht worden und zwar brieflich seitens meines Freundes F. Er betrifft meinen Satz, dass »ein in sich gleichartiges Gebilde sich nicht aus sich selbst typisch-specifisch verändern« könne. Mein Opponent wies dabei auf überkaltete Lösungen hin, welche sich nach erfolgter Auslösung verändern und zwar »typisch« verändern, indem die sich bildenden Krystalle nicht nur je typische Form, sondern auch typische Lagerung in Bezug auf einander besitzen.

Dem gegenüber ist aber dieses zu bemerken: Erstens will mein Ausspruch

Harmonisch-äquipotentielle Systeme liegen vor: im abgefurchten Echinidenkeim[1]), im Tubulariastamm etc.; unter Dingen, die uns in dieser Studie besonders angehen, sind harmonisch-äquipotentielle Systeme: die Körpermasse (oder ein bestimmter, aber überall vertheilter Bestandtheil derselben) der Planaria und der Hydra bezüglich regulatorischen Wachsthums, mit hoher Wahrscheinlichkeit (s. pag. 49, 157) die Anlagen für regenerative Processe bezüglich der späteren Ausgestaltung etc.

Rekapituliren wir zunächst kurz, was die Bezeichnung »harmonisch-äquipotentiell« bedeutet:

Es kann an solchen Systemen jedes Element jede der überhaupt möglichen Einzelheiten gleichermaßen leisten. Das scheint allerdings bei unseren Systemen zunächst gar nicht der Fall zu sein, denn explicit oder aktuell möglich ist z. B. am Echinidenkeim nur eine beschränkte Anzahl von Mannigfaltigkeiten und auch bei Tubularia kann von wahrhaft unbeschränkter Potentialität in explicitem[2]) Sinne nicht die Rede sein. Insofern liegt die Sachlage zunächst nicht anders als beim Cambium (pag. 156), das auch explicit der Erzeugung mehrfacher Mannigfaltigkeiten fähig ist. Ganz streng explicit sind unsere Systeme gar nicht indeterminirt.

---

nur die Nothwendigkeit der Annahme einer gegebenen Richtungsorganisation bei Entwickelungsphänomenen beweisen; Richtungen würden in der Lösung ja durch die Gravitation, durch das »oben« und »unten« gegeben sein. Zweitens aber wäre, wenn man jenen Ausspruch mit meiner vitalistischen Theorie untrennbar verbinden wollte, zu bedenken, dass das Endresultat der Krystallisation, mag es auch »typisch« sein, doch nicht »specifisch« ist, d. h. die ihm eigne Organisation besteht in Verschiedenheiten, die durch das Ganze hin immer wiederkehren, wobei es nur zwei Möglichkeiten (Krystall — Nichtkrystall) giebt; beim Organismus aber sind der typisch geordneten specifischen Mannigfaltigkeiten unbegrenzt viele. — Eine überkaltet gewesene, auskrystallisirende Lösung endlich bildet nicht in einem kleineren Gefäß kleinere, aber ebenso viel Kryställchen wie in einem großen, sondern sie bildet in ersterem ebenso große und weniger. Eben etwas dem Entsprechendes thut der Organismus den Grundzügen seiner Organisation nach nicht.

1) Hier ganz streng nur »um« die Achse; »in Richtung« der Achse verundeutlichen Stoffdifferenzen die Äquipotentialität etwas. Vgl. meine neuesten Versuche (Arch. Entw.-Mech. 10) und Boveri's deskriptive Befunde (Sitz. Ber. phys. med. Ges. Würzburg 34). — Harmonische Systeme bei Pflanzen findet man, neben anderen Äquipotentialitäten, namhaft gemacht bei Pfeffer, Pflanzenphysiol. II. § 40, 41, 47.

2) In streng explicitem Sinne handelt es sich wohl nur um diese Alternative: zwei Tentakelkränze, Strecke zwischen beiden, Strecke distal vom distalen, proximal vom proximalen (Wachsthumsstrecke).

Implicit verdienen sie freilich diesen Namen, indem sich an jeder der einzelnen, kraft der expliciten Potenzen in beschränkter Anzahl gesonderten Mannigfaltigkeiten nun wieder neue Mannigfaltigkeiten sondern u. s. f. u. s. f. In diesem impliciten Sinne, der schließlich der tiefere ist, kann praktisch von unbeschränkter Fähigkeit der Mannigfaltigkeitsbildung geredet werden, und dürfen unsere Systeme indeterminirt-äquipotentiell heißen.

Aber das Alles ist noch nicht die Hauptsache.

Diese besteht vielmehr darin, dass Alles, was kraft der vorliegenden Potenzen wirklich, in jedem einzelnen Falle entsteht, zu einander in ganz bestimmte Beziehungen gesetzt ist.

In Wirklichkeit bildet sich, obwohl jeder Querschnitt des Tubulariastammes jeden Quersehnitt unter den unendlich vielen einer fertig gedaehten Hydranthenanlage bilden könnte, doch jeder einzelne nur einmal, so dass eben ein vollendetes proportionales Wesen resultirt; ebenso beim Seeigelkeim; hier ist auf Grund meiner Versuehe die Äquipotentialität um die Achse herum eine ganz vollkommene: jedes, einen Halbkreis darstellende, Oberfläehendifferential der als Kugel gedaehten Keimesfläehe kann hier jedes Differential des auf eine Kugel projicirt gedachten erwachsenen Körpers bilden: gleiehwohl wird jedes dieser Differentiale nur einmal wirklich. Und ebenso wird es uns eine nähere Untersuehung wohl bei der Ausgestaltung der Anlagen von Regencraten lehren.

Eben desshalb habe ich unsere Systeme **harmonisch-äquipotentielle Systeme** genannt.

Ich versuehte die im Namen »harmoniseh« ausgedrückte Thatsaehe in einen provisorischen analytischen Ausdruck zu bringen. Es sei:

Z = Zweekzustand, d. h. endgültiges Gesammtresultat aller Proeesse.

$A, B, C \ldots$ = Zustände des Zweckverlaufs, d. h. Zustände des Gesammten, in den verschiedenen Zeittheilen.

$a_1, b_1, c_1 \ldots, a_2, b_2, c_2 \ldots$ ete. = Zustände der Partialzweckverläufe, d. h. der einzelnen, für sieh zu betrachtenden Differenzirungsverläufe; die letzten sind natürlich $a_1, a_2, a_3 \ldots$, d. h. Partialzweekzustände.

$A', B', C' \ldots Z'$ = von außen abgeänderte Zustände in ihrer dureh die Änderung gesetzten Specifität.

$a'_1, b'_1 \ldots a'_2, b'_2 \ldots$ etc. = abgeänderte Partialzustände.

$\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1 \ldots, \mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2 \ldots$ etc. = Geschehnisse nach der Änderung, also Gesehehnisse, die nieht an die a_1, b_1, c_1 ete. anknüpfen.

Dann ist:

$$\mathfrak{h}_1 = \varphi(Z, g_1, g'_1).$$

Das heißt: das neue, nach der Störung eintretende Geschehen ($\mathfrak{h}_1$) bezüglich eines bestimmten in Betrag gezogenen Differenzirungsablaufs ($a_1, b_1, c_1, d_1, e_1, f_1, g_1$) hängt ab vom idealen Ganzen (daher $\varphi(Z)$), und zwar thut es dieses kraft der prospektiven Potenz des gerade gestörten Partialzweckverlaufzustandes (Partialdifferenzirungszustandes) selbst, ist also implicit oder primär regulatorisch (daher $\varphi(g_1)$), und zwar in einer Weise, dass es ganz genau in Harmonie steht mit dem durch die Veränderung geschaffenen absoluten Zustande an jenem Partialzweckverlauf (daher $\varphi(g'_1)$), so dass ein proportionales Wesen resultirt.

Die Abhängigkeit des Geschehens, besser der Geschehensänderung, von der es veranlassenden Ursache (c) konnten wir unberücksichtigt lassen, da diese Ursache eben in ihrem unmittelbaren Effekt (g'_1) wieder erscheint.

Setzten wir im Speciellen:

G = absolute Größe des Systems nach der Veränderung = abgeänderter Partialzustand = g'_1 der ersten Fassung

p = prospektive Potenz = allgemeiner Charakter des Partialverlaufs vor der Veränderung = g_1 »

R = Relation des zu Geschehenden in Bezug auf das ideale Fertige

Z_p = Zustand der vieldeutigen Potenz p bezüglich der kraft ihrer schon real gewordenen Mannigfaltigkeiten = Zweckzustand

Zusammen = Z »

so ergab sich für die Abhängigkeit des Effektes (E)

$$E = \varphi(G, p, Z_p, R),$$

d. h. er hing ab: von der gegebenen Potenz (p) des betrachteten Systems, von seiner durch den Versuch (Operation) gesetzten absoluten Größe (G), aber auch, wegen der harmonischen Natur des Systems, von allem Dem, was von den in p gegebenen potentiellen Mannigfaltigkeiten schon realisirt war, und ferner vom ideal Fertigen bezüglich der proportionalen Örtlichkeit des jemaligen Effektes im nunmehr verkleinerten Ganzen.

Fassten wir nur die Örtlichkeit des Effektes ins Auge, so war ihr Ort (L) gegeben durch:

$$L = \varphi(G, R),$$

wobei eben die Specifität des Effekts, welche ganz vorwiegend, mit Vernachlässigung der Örtlichkeit allein, von p und Z_p abhängt, als bekannt vorausgesetzt war.

Vorausgesetzt war bei allen Ausführungen das Gegebensein primärer Richtungen an den untersuchten Systemen, nach denen, als Koordinaten, sich Alles orientiren könne, Richtungen, wie sie thatsächlich an den studirten Objekten vorhanden sind.

Die im Vorstehenden rekapitulirten Formeln sagen aus, von welchen Faktoren das Geschehen oder, in eingeschränkterer Fassung, die Örtlichkeit desselben, bei der Differenzirung harmonisch-äquipotentieller Systeme abhängig sei, sie geben noch nichts über die Art, über das »Gesetz« der Abhängigkeit an.

Alle Formeln der theoretischen Physik und Chemie leisten aber neben Ersterem auch das Letztere, und so tritt denn an uns die Frage heran, ob auch wir noch mehr, als bisher geschehen, auf unserem analytischen Wege zu leisten im Stande seien.

Fragen wir uns zunächst, ob sich nicht ein Ausdruck finden lässt, der etwas darüber aussagt, wie sich die Lokalisation eines bestimmten Effektes mit der absoluten Größe des Systems ändert. Wir wollen dabei den einfachen Fall der Hydranthenreparation der Tubularie zu Grunde legen, an der wir nur ebene Verhältnisse zu berücksichtigen brauchen, nämlich nur die Abstände der in Betracht kommenden Theile vom distalen Ende. Es ist hier konstatirt[1]), dass, von einer bestimmten Stammlänge an abwärts, die Längen der Gesammtanlageareale verschiedener Objekte sich annähernd verhalten wie ihre Stammlängen, und dass ferner ein bestimmtes Anlagegebilde, etwa der Anlagering des proximalen Tentakelkranzes, zu einem anderen Anlagegebilde oder zur Gesammtanlage des gleichen Individuums immer annähernd in derselben Längenproportion steht.

Wir wollen annehmen, dass diese Proportionalitäten ganz strikte bewahrt bleiben (was sie natürlich wegen der Vernachlässigung des Räumlichen und namentlich desshalb, weil die Tubularia wegen ihres festen Perisarks ja in allen Versuchen einer Serie denselben Stammdurchmesser, bei allein wechselnder Länge, aufweist, nicht thun).

---

1) Driesch, Arch. Entw.-Mech. 9. pag. 103.

Dann können wir setzen als Ausdruck für das erstgenannte Faktum:

$$1) \qquad \frac{l}{l + \Delta l} = \frac{g}{g + \Delta g}$$

wo l die Länge des Gesammtareals, g die des Stammes in einem Falle und Δl, Δg die bezüglichen Zuwüchse in einem anderen um beliebige endliche Maße differirenden Falle bedeuten.

Das zweitgenannte Faktum wird dargestellt durch die Gleichung:

$$2) \qquad \frac{l}{t} = \frac{l + \Delta l}{t + \Delta t}$$

wo t die Länge einer beliebigen Organanlage, Δt ihren dem Δl korrespondirenden Zuwachs bedeutet.

Aus 1) und 2) folgt

$$3) \qquad \frac{g}{g + \Delta g} = \frac{t}{t + \Delta t} .$$

Für t wollen wir einführen die Abstände ihres distalen und proximalen Endes vom Distalende des Stammes, x und y, dann erhalten wir:

$$4_1) \qquad \frac{g}{g + \Delta g} = \frac{x}{x + \Delta x}$$

$$4_2) \qquad \frac{g}{g + \Delta g} = \frac{y}{y + \Delta y} .$$

Wir benutzen nun nur die Gleichung 4_1, also

$$4) \qquad \frac{g}{g + \Delta g} = \frac{x}{x + \Delta x} ,$$

welche ganz allgemein für jeden typisch-specifischen Ort der Organisation der Tubularia hinsichtlich seiner mit wechselnder Stammlänge proportional zum Ganzen wechselnden Lage gilt.

Da die Zuwächse von g offenbar ganz beliebig sind, kann für 4) gesetzt werden

$$5) \qquad \frac{g}{g + dg} = \frac{x}{x + dx} ,$$

woraus folgt

$$6) \qquad x\,dg = g\,dx ,$$

also

$$\frac{dx}{x} = \frac{dg}{g} ,$$

also integrirt

7) $\log \text{nat}\, x = \log \text{nat}\, g + \log \text{nat}\, A$, wo A, also auch $\log \text{nat}\, A$, konstant.

Das aber ergiebt als Schluss:

$$\frac{x}{g} = A .$$

Für eine bestimmte Organbildung bleibt also in jedem Experimentalfall das Verhältnis ihres Abstandes vom Ausgangsende der Messung zur Gesammtlänge konstant.

Wir wissen jetzt also, dass für einfachste Fälle die unbestimmte Formel

$$L = \varphi(G, R)$$

ersetzt werden kann durch

$$x = g \,.\, A ,$$

d. h. die Örtlichkeit des Geschehens bei der Differenzirung harmonisch-äquipotentieller Systeme ist in einfachsten Fällen ihrer Größe direkt proportional; der sie kennzeichnende Abstand ist gleich dieser Größe, multiplicirt mit einer Konstanten, welche eben die örtliche Relation der in Frage stehenden Bildung in Bezug auf das fertig gedachte ideale Ganze ausdrückt.

Fragen wir uns nun einmal, was eigentlich mit dem zuletzt analytisch Unternommenen erreicht ist, so finden wir: es ist wenig, aber doch Etwas. Es ist nämlich dieses, dass wir einen elementaren, nicht weiter zerlegbaren Ausdruck gewonnen haben, der mehr enthält als den bloßen Ausdruck der Zweckmäßigkeit [$x = \varphi(c, Z)$, s. pag. 168], indem er eine direkte Proportionalität aufstellt, und sowohl c wie Z specificirt[1]).

---

1) Wollen wir die oben durchgeführte Ableitung für den Echinodermen-Keim zu leisten versuchen, so scheint zunächst Alles etwas komplicirter; aber auch hier wird Alles für die Berechnung einfach, wenn man sich die Organisation des fertig differenzirten Keimes auf einen Cylinder projicirt denkt, dessen Querschnittsfläche gleich der Fläche des Äquatorialkreises des abgefurchten Versuchsobjekts (der $^1/_1$-, $^1/_2$-, $^1/_4$ etc. Blastula) und dessen Höhe gleich der Polarachse desselben ist, und wenn man dann den Mantel dieses Cylinders abwickelt. Die g sind dann die durch die Abwickelung in Strecken verwandelten Cylinderumfänge, die x die Abstände der verschiedenen projicirten Organe von einem Ende der abgewickelten Fläche an; sowohl die x wie die g werden wieder stetig, da ja nur die Verhältnisse um die Achse herum in Betracht gezogen sind, und um diese herum mit Sicherheit harmonische Äquipotentialität besteht.

Abgesehen davon, dass der Ausdruck elementar, d. h. mit dem besten Willen nicht weiter zerlegbar ist, ergiebt sich nun weiter aus der Natur der Elemente, die in ihm eine Rolle spielen, der specifisch-neue, »autonome« Charakter desselben, denn diese Elemente sind Dinge, die im Anorganischen nicht ihres Gleichen finden. Näheres hierüber ist in meiner früheren Schrift nachzulesen; auch ist diese Schrift zu Rathe zu ziehen von allen Solchen, welche an Stelle dieser rein funktionalen Herleitung der Autonomie der Lokalisationsgeschehnisse an harmonisch-äquipotentiellen Systemen eine »causale« lieber sehen würden; sie finden eine solche dort in zwiefacher Form, mit Fernkräften und mit dem Begriff der »Antwortsreaktion« (s. oben p. 139) operirend.

Fragen wir uns nun, ob wir im Falle der Differenzirung harmonisch-äquipotentieller Systeme außer über die Lokalisation des Geschehens auch noch über seine Specifität etwas Analytisches aussagen können.

Können wir die allgemeine Formel:

$$E = \varphi\ (p,\ G,\ Z_p,\ R)$$

specificiren, wie wir jene speciellere

$$L = \varphi\ (G,\ R) \text{ in } x = gA$$

specificirt haben?

Wir können es nicht, und zwar desshalb nicht, weil p und Z_p, die Potenz und der Zustand der Potenzmanifestation, keine stetigen Größen, auch keine Größenreihen mit konstanten Intervallen sind. Wir müssen uns hier begnügen in Worten zu sagen, was schon gesagt ward, dass nämlich unsere äquipotentiellen Systeme eben harmonische sind, d. h. solche, bei denen alle Effekte unter sich in Beziehung stehen; eben dieses ist in der Abhängigkeit des E von p und namentlich von Z_p ausgedrückt[1]).

So wird Alles wie oben, nur noch genauer. Auf Ausgestaltung regenerativer Anlagen, die ja, wie oft gesagt (z. B. pag. 49, 157), wahrscheinlich auch unter die Klasse der hier erörterten Phänomene fällt, wollen wir, da die endgültig entscheidenden Experimente noch fehlen, nicht im Einzelnen eingehen.

1) Hiermit ist natürlich nicht gesagt, dass alle Differenzirungen des Organismus unter sich in Beziehung stehen; sie thun das notorisch nicht (»relative Selbstdifferenzirung«, siehe mein »Referat für 1898« pag. 834 ff.). Wir betrachten hier nur die Differenzirungen, so weit sie explicit von einem bestimmten, als harmonisch-äquipotentiellen System anzusehenden embryonalen Organ ausgehen.

Der eigentlich regulatorische Charakter des von uns studirten Geschehens liegt darin begründet, dass die Gesammtformel für E als Sonderbestandheit jenes: $x = g \,.\, A$ enthält; wegen des Enthaltenseins eben dieses Antheils in der Formel, die auch für das »normale« Geschehen gilt, ist die vorliegende Regulation implicit.

Auch der Ausdruck für das eigentlich Lebensautonome, oder wie der übliche, besser zu vermeidende Ausdruck lautet, für das »Vitalistische« am Geschehen ist in dem $x = gA$, nicht in $E = \varphi\,(p, Z_p)$ enthalten, denn $E = \varphi\,(p, Z_p)$ an und für sich würde auch von einem chemischen Gemisch gelten, von dem gewisse Stoffe durch successive von außen herbeigeführte Reaktionen verbraucht werden, so dass in einem bestimmten Zeitpunkt wegen der Anzahl der schon ausgelösten Affinitäten (Z_p) nur noch ein Rest der ursprünglichen Gesammtmöglichkeiten (p) übrig ist.

Nun wird uns allerdings eine spätere Betrachtung zeigen, dass in unserem biologischen Falle trotzdem jenes allein durch (p, Z_p) gekennzeichnete Etwas kein chemisches Gemenge ist, aber wir sehen hier wieder, dass wir stets nur da, wo Örtlichkeiten in Frage kommen, zu weiter reichenden Aussagen im Stande sind; jenes $x = gA$ aber ist der Lokalbestandtheil unserer Gesammtformel. —

Wenn wir sagten, der Lokalisationsbestandtheil, $x = gA$, mache unsere Formel für E eigentlich zu einer lebensautonomen Aussage, so ist das so zu verstehen, dass in ihr eben das ausgesagt sei, was für sich elementar, was keiner weiteren Zerlegung in Chemisch-Physikalisches mehr fähig ist[1]).

In dem »A« unserer Formel ist nämlich Dasjenige verkörpert, was seit Alters »Substantialität der Form« genannt worden ist, was man aber auch, mit Aristotelischem Ausdruck, Enteleehie nennen könnte. Die Formsubstantialität tritt nun in der Formel $x = g \,.\, A$ als in elementarer Weise maßgebend für das Geschehen in jedem Falle auf.

Dass sie sich in der Ausgestaltung der Keime manifestiren kann an jedem beliebigen Quantum des Keimes, dem eben wegen dieser Thatsache eine specifische ins Einzelne gehende Tektonik sei es der Kerne, sei es des Plasmas,

---

1) Natürlich gilt diese Autonomie der Lokalisation nur, wie von vorn herein bemerkt, für harmonisch-äquipotentielle Systeme. Die Fälle, in denen die Lokalisation morphogenetischen Geschehens ohne Weiteres verständlich ist, sind diskutirt in meiner früheren Arbeit (»Lokalisation«) pag. 57—64.

abzusprechen ist, das ist das Autonome, das »Vitalistische« am Geschehen.

Das Teleologische tritt also hier nicht bloß als formale Betrachtung auf, sondern ganz unmittelbar Specifitäts-, im Besonderen Orts-bestimmend.

Unsere Größe A wird dem analog, was im Physikalischen eine Konstante ist. Der Satz: »dieses hier vor uns liegende äquipotentielle System (dieser Keim) hat die Entelechiekonstante A« heißt: wie groß das System auch sein mag, das Entwickelungsgeschehen an ihm muss in einer Weise vor sich gehen, dass eine endliche Konfiguration bestimmter Art und Proportionalität an ihm auftritt.

Ebenso bleibt die Konstante eines homogenen Stückes Metall für elektrische Leitfähigkeit dieselbe, mag das Stück groß oder klein sein.

Konstanten sind beide, nur beziehen sie sich auf Phänomene verschiedener Naturordnung; so widerspruchsvoll es klingen mag: im Vitalen ist das Zusammengesetzte doch elementar. — Doch hierüber später Eingehenderes.

So bekommt also der Aristotelische Begriff der Entelechie erst durch das experimentelle Studium harmonisch-äquipotentieller Systeme seinen analytischen Inhalt.

Denn, um dieses Wichtige einmal wieder zu betonen: ohne Experimente, ohne willkürliche Veränderung der Größen äquipotentieller Systeme, hätten wir wohl eine materielle Zerlegungstheorie im Sinne Weismann's annehmen müssen, eine Theorie, deren chemisch-physikalischer Konstruktion nichts im Wege gestanden hätte. Das Experiment aber lehrte uns Dreierlei:

Erstens: dass die Differenzirung in ihrer Specifität nicht von äußeren Faktoren abhängt;

Zweitens: dass sie normal-proportional vor sich geht, mag an Keimmaterial (Kerne + Plasma) genommen sein, was will;

Drittens: dass eben desswegen eine specifisch-komplicirte Keimesstruktur als Grundlage aller Differenzirung nicht möglich ist.

Daraus folgt aber alles Ausgeführte, folgt die Autonomielehre, folgt die Rehabilitirung des Aristotelischen Entelechiebegriffs, und zwar als eines nicht formalteleologischen Beurtheilungsbegriffs,

sondern als eines aktuellen elementaren Naturbegriffs, welcher dem Begriff der physikalischen »Konstante« logisch parallel steht[1]). —

Indem wir uns vorbehalten, den Faden der Gedankenentwickelung später an diesem Punkte wieder aufzunehmen, gehen wir jetzt dazu über, in Kürze jene Waehsthumsregulationen der Planaria und der Hydroiden, die sich auf Basis harmonisch-äquipotentieller Systeme abspielen, analytisch zu betraehten.

Sekundäre Regulationen haben wir hier vor uns, nicht Ausgestaltung sondern Umgestaltung.

Die Sachlage ist bei Planaria die, dass sich von jedem beliebigen Ausgangsstück aus, durch geringfügige Regenerationsprocesse, durch Rück- und Umdifferenzirung, namentlich aber durch Substanzverlagerung ein neuer kleiner Wurm typischer Proportionalität bildet (Morgan).

Gehen wir hier vorzugsweise auf die zur Proportionalität der Form führenden Verlagerungsprocesse ein (pag. 71 f.), so können wir die Frage aufwerfen, von welchen Faktoren die Umlagerungsbewegung eines beliebigen Körperelementes des Ausgangsstückes abhängt, wobei wir uns wieder alles Geschehen der Einfaehheit halber auf Bewegung in einer Ebene (der Horizontalebene des Wurmes) reducirt denken wollen.

Eine mathematisch streng formulirte Ausdrucksweise erscheint hier weniger am Platze: wir wollen in Worten die wesentlichen Verhältnisse darlegen, wobei wir uns die beistehende Figur zu Nutze maehen. In ein Koordinatenkreuz sind eingezeichnet: ein experimentell hergestelltes Planariabruchstück und der Umriss der daraus resultirenden kleinen Planaria; wir fragen: wovon hängt es ab, dass der Punkt P des ersteren an den Ort Π der letzteren kommt?

Da wir die Ordinate mit der organischen Aehse haben zusammenfallen lassen, ist es klar, dass der Punkt O des Bruchstücks so

---

1) In Hinsicht des Begriffs der Entelechie sei der Leser vor Allem hingewiesen auf die hervorragenden, viel zu wenig bekannten Ausführungen Otto Liebmann's, eines der wenigen mir bekannten neueren Philosophen, die sich trotz Darwinismus und Materialismus an einer wahrhaft philosophischen Biologie nicht haben irre machen lassen.

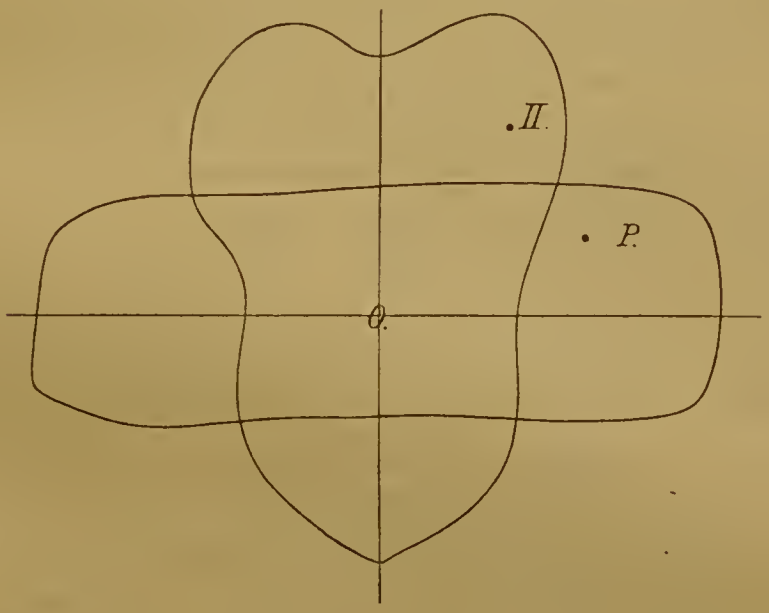
Dass seine Ausführungen nicht in meinem Sinne naturwissenschaftlich-analytisch sind, sondern Direktiven und Alternativen allgemeiner Art bieten, schmälert ihren Werth nicht.

(Vgl. »Analysis der Wirklichkeit«. 2. Aufl. pag. 313—364. »Gedanken und Thatsachen I. pag. 89 ff., II. pag. 230 ff.,

gewählt werden kann, dass er der einzige sich beim Umlagerungsgeschehen nicht verlagernde Punkt ist. Alle anderen Punkte verlagern sich, und es ist klar, dass Betrag und Richtung der Verlagerung z. B. von P von seinen Abständen sowohl von der x- wie von der y-Achse abhängig zu denken sind. Aber sie sind noch von etwas Anderem abhängig: weil nämlich mit Sicherheit in jedem Experimentalfall eine kleine Planaria resultirt, sind Richtung und Betrag der Verlagerung von P auch abhängig von der relativen Lage dieses Punktes zu den absoluten x- und y-Werthen der idealen Planariakurve (man versteht diesen kurzen Ausdruck) in der, durch y ausgedrückten, »Höhe« von P.

Man sieht, die Verhältnisse komplieiren sich sehr.

Wollten wir zu Differentialen übergehen, so hätten wir P in der



y-Richtung um dy zu verschieben; aus der dann ermittelbaren Änderung von Richtung und Betrag der Verlagerung von P zu II ergäbe sich das eigentliche Gesetz derselben.

Dass wir P um dy verschieben können, heißt eben, dass ja, wie experimentell feststeht, der reale Ort P einer durch Operation zertheilten Ursprungsplanarie ebensowohl den relativen Ort x, y, wie denjenigen x, $y + dy$ in einem Bruchstück, das Ausgang einer neuen Planarie wird, haben könnte.

Überlassen wir die streng analytische Darlegung des Angedeuteten Anderen.

Uns kommt es auf einen Grundzug unserer Untersuchung vor Allem an: wir haben wieder die Abhängigkeit des Geschehens von

absoluten Größen der Systeme und von einer Konstanten festgestellt; die Abhängigkeit von letzterer, von der »idealen Planariakurve«, aber bedeutet wieder, wie oben, die Entelechie des Systems.

Wieder können wir gar nichts Anderes aussagen, als was wir ausgesagt haben; wieder zeigen die Versuche die Nichtexistenz einer vorgebildeten specifischen Basis für das eintretende specifische Geschehen dadurch, dass die operativen Schnitte ganz willkürlich gewählt werden können, wieder sind äußere Faktoren für die Realisirung der einzelnen Specifitäten ausgeschlossen.

So liegt denn principiell Alles, wie in den oben noch strenger diskutirten einfacheren Fällen.

Die Diskussion des ersten Beweises für die Autonomie der Lebensvorgänge, die sich gründet auf die Lokalisation des Geschehens an harmonisch-äquipotentiellen Systemen, sei es bei Ausgestaltung, sei es bei Umgestaltung, möge damit von uns beendet sein; durch eingehendere Diskussion der Wachsthumsregulationen bei Hydra würden wir Neues nicht gewinnen, und auch die seltsamen regulativen Reduktionsprocesse, welche ich bei der in ihrer Reparation gestörten Tubularia auffand, lehren uns im Princip nichts, das wir nicht schon kennen. Findet hier[1]) totale Auflösung des belassenen proximalen Tentakelanlagekranzes statt, so dient solche eben als Vorbereitung zu neuer vollkommener Restitution, wie sie vorstehend analysirt ward, und ist die Auflösung partiell, indem aus dem einen belassenen Kranze deren zwei, ein jetzt kleinerer proximaler und ein distaler, geformt werden, so lässt sich eben auch nur sagen, dass das Rückbildungsgeschehen in seiner typischen Örtlichkeit von der Entelechie des Systems abhängig sei. Es ist klar, dass bei der durch theilweise Resorption »reparirten Reparationsanlage« die zunächst gegebenen Lageverhältnisse der Theile die für die vorliegende Stammlänge typischen nicht sein können, denn zu dieser Stammlänge[2]) gehörten eben die gestörten Größenverhältnisse. Das wird sich wohl später durch regulatorisches Wachsthum ausgleichen. So wird also hier zwar Alles etwas komplicirter, bleibt aber im Rahmen des autonomen Grundgeschehens.

---

1) Näheres s. Driesch, Arch. Entw.-Mech. 5. pag. 399 ff.

2) Sie wurde durch die zweite, den Reparationsverlauf störende Operation ja nur sehr geringfügig verkleinert, viel weniger, als von Einfluss auf die Lokalisation der Anlagen ist. S. Driesch, Arch. Entw.-Mech. 9.

4. Die Genese und Existenz äquipotentieller Systeme mit komplexen expliciten Potenzen.

[Zweiter Beweis der Autonomie der Lebensvorgänge.]

An zweiter Stelle knüpfen wir Erörterungen an die zur Leistung von Regulationen fähigen Gebilde, welche äquipotentielle Systeme mit (expliciten) komplexen Potenzen von uns genannt worden sind, oder, besser gesagt: wir wollen an die Genese solcher Systeme Erörterungen knüpfen.

Der Begriff unserer Objekte ist in den Abschnitten 4 und 5 des vorigen Kapitels erschöpfend erörtert worden; es sind Systeme, welche die Fähigkeit haben neue Ausgangspunkte eines Gestaltungsablaufs zu bilden, Systeme also, die etwas aus sich hervorgehen lassen können, das nicht in sich einfach ist, sondern das, obschon Anfangs geschlossen erscheinend, eine große Mannigfaltigkeit sich successiv evolvirender Specifitäten in sich birgt.

Im Cambium sehr vieler Pflanzen, in der Blattepidermis der Begonien, im Epithel des Lumbriculus, im Peribranchialepithel der Ciona, in der Iris von Triton und an vielen, vielen anderen Orten treten uns unsere Systeme, im Dienst der organischen Regulatorik, entgegen, bald Wurzel oder Spross, bald Hirn, bald Linsen bildend, stets, wie ihr Name sagt, den Grund zu komplexem Geschehen legend.

Unsere Betrachtung erweiternd, sahen wir schon oben ein, dass nicht nur im regulatorischen, sondern auch im typischen Geschehen Systeme mit komplexen Potenzen eine wichtige Rolle spielen; bei der Eibildung nämlich thun sie dies, womit unser Problem der Genese solcher Systeme in allernächste Beziehung zum sogenannten Vererbungsproblem gesetzt, und seine Bedeutung somit außerordentlich erweitert wird.

Wir bemerkten oben (pag. 163), dass man durch eine Theorie der »Kontinuität des Keimplasmas« (Weismann) versucht habe, sich den Vererbungsvorgang begreiflich zu machen, und dass auf den ersten Blick, wegen der typischen Örtlichkeit dieses Phänomens, solches Unternehmen, im Gegensatz zu seiner Übertragung auf die lokal atypischen Restitutionsvorgänge, wohl annehmbar erscheinen könnte. Aber auch hinsichtlich der normalen Vererbung, beziehungsweise Eibildung, sei, so bemerkten wir, ein ganz wesentlicher sachlicher Punkt übersehen worden.

Eben dieser Umstand, dass von Jenen, die eine Lösung des Vererbungsproblems zu geben hofften, das ihm mit aller Bildung äquipotentieller Systeme mit komplexen Potenzen ganz wesentlich Gemeinsame doch übersehen ward, erlaubt uns nun, unsere Betrachtungen von vorn herein auf ganz breite Basis zu stellen und die Genese äquipotentieller Systeme mit komplexen Systemen ganz allgemein zu untersuchen, möge es sich um Eibildung oder um Bildung restitutiver Anlagen handeln.

Es soll nun gezeigt werden, dass in dem jetzt zur Diskussion gestellten Problem der zweite Punkt unserer Untersuchungen vorliegt, der uns in zwingender Weise auf die Einsicht in die Autonomie der Lebensvorgänge, also auf den »Vitalismus«, führt.

Weismann[1]) ist es gewesen, der wohl bisher am schärfsten analytisch in die Einzelheiten des eigentlichen Vererbungsproblems eindrang. Man weiß, dass ich auf Grund meiner Versuchsresultate seine Entwickelungstheorie[2]) in ihren Fundamenten bekämpft habe und dieselbe für definitiv widerlegt halte; uns werden hier von dieser Theorie nur gewisse Hypothesen über regulative Entwickelung (d. h. Wiederbildung von Ausgangspunkten) etwas angehen, die eigentliche Theorie der »primären« Entwickelung aber ebensowenig wie Weismann's darwinistischer Standpunkt.

Wohl aber haben wir seiner »antivitalistischen« Tendenz Rechnung zu tragen.

Ich denke, man trifft das Richtige, wenn man sagt, Weismann habe das, was ich prospektive Potenzen nenne, hypostasirt: er hat nothwendige Begriffe, die ihm aber nicht als solche erschienen waren, verdinglicht: seine Ide, Determinanten etc. sind solche Verdinglichungen; sein »Keimplasma« ist die Hypostase der impliciten Totalpotenz des Eies.

Neue Entwickelungs-Ausgangspunkte, also die Geschlechtsprodukte, sollen nach Weismann auf der Reservirung von Keimplasmaïden beruhen, für morphologische Regulationen, im Sinne von Adventiven oder Regenerationen, nimmt er ebenfalls die Reservirung gewisser »Ide« oder Idtheile (Biophoren) des aus vielen »Iden« gleicher Art zusammengesetzten Keimplasmas an, während andere Ide durch ihre Zerlegung eben die Entwickelung leiten sollen.

Zwei Gesichtspunkte der Weismann'schen Theorie sind uns nun

1) Vgl. vorwiegend sein »Keimplasma« Jena 1892.
2) Ich trenne scharf »Vererbung« und »Entwickelung«.

besonders wichtig: zum Ersten hat sein Keimplasma und jeder seiner Konstituenten höheren Grades eine specifisch-typische Tektonik, es ist kein Gemisch; zum Anderen sollen sich Ide oder Biophoren durch Theilung vermehren können, welche Annahme nöthig wird, um die Bildung vieler Eier und Spermatozoen, sowie die Vertheilung von »Ersatzbiophoren« für Regulationen auf viele Zellen gleichermaßen (z. B. auf das Cambium), also auf ein äquipotentielles System in unserem Sinne, möglich zu machen.

Offenbar hat sich Weismann in dieser Annahme einer Theilung seiner Ide und deren Partialkonstituenten nichts besonders Schwieriges gedacht, es ist aber klar, und bereits von Haacke[1]) betont worden, dass eben diese Annahme seine Theorie definitiv stürzt.

Wir wollen nun im Folgenden nicht bei der Kritik der Weismann'schen Theorie stehen bleiben, sondern die Thatsache, dass sie fallen musste, für unsere Zwecke ausbeuten:

Die Ide sollen specifisch-typische Tektonik haben; wenn aus einer solchen Tektonik zwei ihr gleiche werden sollen, so ist das nun offenbar nur dadurch möglich, dass die gegebene Tektonik sich in zwei zunächst natürlich ungleiche, im besten Falle spiegelbildliche Hälften trennt, und dass jede Hälfte die fehlende aus sich neu bildet: das heißt aber, dass die Ide Weismann's nothwendiger Weise Regenerationsvermögen besitzen müssen! Somit wird das zu Erklärende zu einer Grundvoraussetzung der Theorie selbst! Wir brauchen jetzt eine Theorie für die Id-Regeneration! Wer giebt sie uns? Da sie uns Keiner giebt, stehen wir mit Weismann's Theorie den Erscheinungen der Regulation und Vererbung ganz ebenso rathlos gegenüber, wie ohne dieselbe. Weismann's Ide sind selbst kleine Thiere oder Pflanzen, ausgestattet mit Eigenschaften regulatorischer Art, wie sie den wenigsten wirklichen Organismen in solchem Maße zukommen!

Was bedeutet dieser völlige Bankerott der Theorie Weismann's? Bedeutet er nicht vielleicht viel mehr als nur, dass diese Theorie falsch sei? Bedeutet er vielleicht, dass jede derartige, auf materialistischer Grundlage aufgebaute Theorie falsch sein muss? —

---

1) Vgl. dessen »Gestaltung und Vererbung« Leipzig 1893. Gleiches betonte neuerdings, ohne Beziehung auf Haacke, Kassowitz (Allg. Biol. II. pag. 168 f. und Kap. 40). Wohin aber der Widerspruch im Weismann'schen Theoriegebäude führt, bemerkten weder Haacke noch Kassowitz.

Beantworten wir einmal diese Frage: Wann kann im Bereiche des von uns erkannten Anorganischen sich ohne Zuthun äußerer specifischer Faktoren ein komplicirter, räumlich und zeitlich typisch geordneter Verlauf von Geschehnissen abspielen?

Die Antwort lautet: wenn eine »Maschine« gegeben ist, die das leistet, das heißt, wenn etwas da ist, das selbst aus räumlich und quantitativ typisch geordneten specifischen Qualitäten besteht, kraft deren ein räumlich und zeitlich geordneter Ablauf möglich ist[1]). Und zwar muss, was besonders wichtig ist, wegen des Ausschlusses äußerer Faktoren, für jedes einzelne, räumlich-zeitlich ablaufende Specifische der zureichende Grund in räumlich von Anfang an gegebenem Specifischen gelegen sein.

Es fragt sich nun zunächst, wie sich im Allgemeinen die Zahl der verschiedenen als Effekt erscheinenden Specifitäten zur Zahl der gegebenen Specifitäten verhalte, und in dieser Hinsicht ist klar, dass Erstere größer als die Zahl des gegebenen Verschiedenen sein kann: es kann nämlich eine gegebene Specifität A auf einen Theil einer anderen gegebenen, B, wirken und dadurch eben diesen Theil zu einer neuen, C, umschaffen, wobei sowohl A wie der Rest von B als Specifitäten erhalten bleiben.

Wovon aber hängt die Bestimmung der Örtlichkeit der specifischen Effekte bei einer Maschine ab? Es ist offenbar, dass sie, da äußere Faktoren ausgeschlossen sind, nur von den Örtlichkeiten des gegebenen Specifischen abhängen kann; auch wenn zahlreichere Specifitäten auftreten, als gegeben waren, ist die Örtlichkeit der neu auftretenden nichts als ein Abbild der alten, dergestalt, dass sie sich bei Kenntnis der gegebenen Specifitäten und der Maschinenbedingungen im Voraus berechnen lässt.

Es folgt aber hieraus, dass, wenn an einer Maschine, deren einzelne wirkende Specifitäten wir nicht kennen, thatsächlich eine sehr große Anzahl von Effektspecifitäten mit jeweils typischer Örtlichkeit sich zeigt, trotz Gültigkeit jenes allgemeinen Satzes von der Vermehrung der Specifitäten, doch auf eine recht große Zahl gegebener Verschiedenheiten geschlossen werden kann, und zwar auf eine um so größere, je komplicirter die typische Kombination der Effektspecifitäten geartet ist.

Ist nämlich diese Kombination, d. h. die eigentliche Tektonik

1) Man denke hier nicht nur an eine Dampfmaschine, sondern etwa an einen Photographieautomaten, der Physikalisches und Chemisches vereint.

der Effekte, etwas sehr Komplicirt-Typisches, so gilt dies natürlich auch hinsichtlich der Örtlichkeit ihrer einzelnen Konstituenten, da aber eben sie nur von den gegebenen Örtlichkeiten und Maschinenbedingungen, welche auch nur in Örtlichkeitsrelationen bestehen, abhängt, so kann etwas sehr Komplicirtes nur von etwas recht Komplicirtem ausgehen.

Eben wegen der Abhängigkeit der Örtlichkeit der Effekte nur von der Örtlichkeit des Gegebenen kann auch aus der räumlichen Vertheilung der ersteren ein gewisser Schluss auf diejenige der gegebenen Faktoren gemacht werden; diese Faktoren nämlich, besser noch: ihre Wirkungsrichtungen, müssen ein Gebilde repräsentiren, das ebensoviel dimensional ist wie das Endgebilde, und das im Besonderen nach eben denselben Koordinaten im Raum Differenzen aufweisen muss, wie sie dieses zeigt[1]).

Im Organismus liegt nun, wenn Eier oder adventive oder regenerative Anlagen sich ausgestalten, der Fall vor, dass etwas äußerst Komplicirtes, nach drei Dimensionen typisch-specifisch Differentes, resultirt. Es resultirt nämlich das fertige Gebilde, das selbst eine (physiologische) Maschine äußerst komplicirter Art ist. Soll es — was wir hier voraussetzen wollen — als Effekt einer anderen Maschine, d. h. einer typischen chemisch-physikalischen Specifitätskombination, entstehen, so muss diese Kombination selbst recht komplicirt sein, und sie muss vor allen Dingen die Bedingung erfüllen, selbst nach den drei Raumdimensionen typisch-specifische Differenzen aufzuweisen.

Die materialistischen Naturforscher sahen das sehr wohl ein, wie ja denn z. B. Weismann einer Cambiumzelle, die eine Anlage zu gestalten vermag, in seinen »Reservebiophoren« eine kleine Maschine für unvorhergesehene oder vielmehr gerade »vorgesehene« Fälle mitgegeben sein lässt, eine Struktur, welche die Fähigkeit hat, aus sich in geregeltem Ablauf die nothwendigen räumlich-zeitlichen Specifitäten hervorzubilden. Man verlegte solche »Maschinen« in den Kern der betreffenden Zelle, weil man so am wenigsten erwarten durfte, eines Irrthums überführt zu werden, weil ferner manche Fakten, wie die Befruchtungsthatsachen, für die allgemeine Wichtigkeit des Kernes für alle Formbildung sprachen, und weil insbesondere, so weit atypisches, adventives Geschehen in Betracht kam, der Kern als das

1) Durch ein Gespräch mit meinem Freunde W. bin ich veranlasst worden, diesen Punkt besonders zu betonen.

Einzige an den Ausgangselementen der restituirenden Formbildung erschien, das nicht in deutlicher Weise einem typischen funktionellen Zweck bereits angepasst war.

Ich selbst glaubte früher, nachdem ich die Weismann'sche Zerlegungstheorie der Formbildung experimentell als falsch erwiesen hatte, seine (und verwandte) Ansichten durch eine ganz vorwiegend »epigenetische« Theorie sowohl in Hinsicht auf reine »Entwickelung« wie auf regulatorische Formbildung ersetzen zu müssen, d. h. durch eine Lehre, welche vermeinte, das Entwickelungsgetriebe bei Gegebensein von nur ganz wenigen Mannigfaltigkeiten aus den Wirkungen derselben auf einander erklären zu können, wobei nur eine bestimmte gegebene »Harmonie« der gegebenen Specifitäten in Bezug auf einander anzunehmen wäre[1]).

Psychologisch war die Konstruktion dieser Theorie seitens Jemandes, der das materialistische Gegenstück derselben, die Zerlegungstheorie, definitiv widerlegt hatte, verständlich: dachte ich doch damals, meine Theorie dürfe auch nicht anders als materialistisch sein.

Jene wenigen Mannigfaltigkeiten dachte ich mir im Keimprotoplasma gegeben, den Kern aber ließ ich ein Fermentgemisch, nicht etwa eine Fermenttektonik sein.

Es wäre besser gewesen und doch auch materialistisch geblieben, wenn ich mich an Stelle der Annahme jenes Kerngemisches den, von mir übrigens als nicht unannehmbar bezeichneten[2]), Ansichten von de Vries in gewissem Grade angeschlossen hätte, und Solches hätte trotz Ablehnung jeder Art von Zerlegungstheorie, sehr wohl geschehen können, indem angenommen wäre, dass der überall total vorhandene Kern eine Struktur besitze, der es vor Allem eigen sei, dass ihre einzelnen Konstituenten nur in bestimmter Reihenfolge zur Aktivität durch Auslösung seitens der Plasmadifferenzen und später geschaffener Verschiedenheiten wachgerufen werden könn-

---

1) Analytische Theorie der org. Entw. Leipzig 1894. Viele Biologen schlossen sich den hier entwickelten hypothetischen Anschauungen an; gleichwohl sind sie falsch und ist »Epigenesis« denkunmöglich, wenigstens materialistisch. — Man vergleiche hierzu die einen ganz anderen Weg einschlagenden, aber zu gleichem Ziele führenden Erwägungen meines Freundes Herbst (»Formative Reize«, Leipzig 1901. Theil III. 6). — Die rein analytischen Theile meiner Schrift von 1894 werden natürlich von dieser Selbstkritik nicht berührt, und sie waren damals die Hauptsache.

2) Loc. cit. pag. 91.

ten. So wäre wenigstens der typische Rhythmus der Formbildung gesichert gewesen, was er auf Basis eines Kerngemisches, bei der geringen Zahl der zur Verfügung stehenden auslösenden Faktoren im Plasma, nicht einmal bei der Entwickelung vom Ei aus war, geschweige denn bei adventiver Entwickelung, bei welcher die Ausgangspunkte zwar oft eine komplicirtere Plasmaorganisation besitzen, jedoch eine solche, die zur physiologischen Funktion in sehr deutlicher, zur Organisation der eventuellen Ersatzleistung aber in ganz und gar keiner Beziehung steht.

Wie ich dann später[1]) die falsche Beschränktheit des materialistischen Standpunktes überhaupt einsah, wie ich mir bewusst ward, dass Weismann's Theorie der Entwickelung thatsächlich falsch, meine Theorie aber unvollständig sei, und dass etwas ganz Neues an die Stelle zu treten habe, das Alles darf ich als dem Leser bekannt um so eher voraussetzen, als jenes »ganz Neue« im vorigen Paragraphen, in Form der Lehre von der organischen Entelechie, erweitert dargestellt ist.

Übrigens gehören an diesen Ort unserer Betrachtungen die soeben angestellten Selbstkritiken nur als allgemeine Erläuterungen. Wir haben vielmehr für den Zweck, den wir jetzt im Auge haben, unsere Aufgabe damit vollkommen erledigt, dass wir zeigten, eine materialistische Theorie der Formbildung, wenn sie überhaupt zulässig sei, könne nur in der Annahme einer komplicirten Maschine als Ausgangspunkt bestehen, müsse also, um das Wort anzuwenden, nothwendiger Weise eine stark »evolutionistische« Seite haben.

Dieses haben wir jetzt bewiesen, von diesem geht unsere weitere Schlussfolgerung aus, wobei wir meinetwegen sogar annehmen mögen, die Blastomeren- und viele andere Versuche seien gar nicht ausgeführt, und es läge nichts Sachliches gegen die Weismann'sche Zerlegungstheorie vor.

Wir geben also, um ein festes Exempel in den Händen zu haben, für den Augenblick die Theorie der Zerlegung, die Entwickelungstheorie Weismann's zu, aber nur, um nun diejenige Seite seines Gebäudes, welche recht eigentlich als Vererbungstheorie zu bezeichnen ist, und in ihr jede materialistische Vererbungstheorie um so entscheidender zu vernichten und zwar durch Beweis des Satzes:

1 Die Lokalisation etc. 1899.

Es ist unmöglich, dass eine komplicirte Tektonik, die aus vielen typisch geordneten, nach drei Dimensionen differenten Specifitäten besteht, auf die Elemente eines äquipotentiellen Systems mit materialistischen[1]) Mitteln vertheilt werde.

Solches Geschehen würde aber bei der Bildung der Geschlechtsprodukte und bei den äquipotentiellen Systemen, die, wie bekannt, den adventiven und anderen Restitutionsbildungen als Basis dienen, vorliegen.

Unmöglich ist das beschriebene Geschehen, weil eine nach drei Dimensionen differente Maschine nicht getheilt werden und doch dem Bau nach ganz bleiben[2]), sich also auch nicht theilen und wieder in ihren Theilstücken jeweils vervollständigen kann, ohne dass diesem Process eine neue Maschine zu Grunde läge, womit der Theorie der Charakter des Elementaren und damit des Erklärenden genommen ist[3]).

Das heißt aber: eine materialistische Theorie der Vererbung und der regulatorischen Restitution ist unmöglich.

Denn um es nochmals kurz zu sagen:

1. Um die Entwickelungsphänomene materialistisch ableitbar zu machen, müsste sie in Annahme einer komplicirten Primärmaschine bestehen.
2. Wegen der Vertheilung der komplexen Potenzen auf die Elemente kann sie nicht in dieser Annahme bestehen.

Bildete jeder Organismus überhaupt nur ein Ei, dann könnte die materialistische Vererbungstheorie richtig sein, wobei es freilich auch keine regulatorischen Restitutionen geben dürfte.

---

1) Es ist vielleicht nicht überflüssig einmal wieder zu bemerken, dass uns »materialistisch« soviel wie »physikalisch-chemisch« bedeutet.

2) Man denke vergleichsweise an die Unmöglichkeit ein Flächengebilde durch eine Gerade oder Kurve so zu theilen, dass die Theilstücke sich und dem Ganzen ähnlich bleiben.

3) Ein Einwand sei hier von allem Anfang abgeschnitten: man könnte unüberlegter Weise sagen, die für äquipotentielle Systeme mit komplexen Potenzen geforderte komplicirte Struktur brauche während der Genese des Systems noch gar nicht vorhanden zu sein, sondern bilde sich erst nach erfolgter Fertigstellung desselben in jeder Zelle einzeln aus, es brauche sich also gar nichts Komplicirtes zu theilen. Wer so sprechen würde, der würde übersehen, dass bei solcher Annahme nun für die Genese der komplicirten Struktur in jedem Element des Systems, nach dessen Fertigstellung, eine Maschine benöthigt würde, die eben diese Genese leistete; und diese Maschine hätte sich während der Entstehung des äquipotentiellen Systems denn doch wohl theilen müssen.

Da diese Voraussetzungen nicht zutreffen, so ist sie falsch, ebenso wie jede materialistische Entwickelungstheorie wegen zahlreicher Versuche bekannter Art falsch ist; und zwar ist eine materialistische Theorie der Vererbung oder Restitution falsch in jeder logisch möglichen Form, nicht nur in der Weismann'schen; die Eingangs ausgeführten Gründe, welche seine Theorie zu Fall brachten, gelten gegen jede Form einer materialistischen Theorie, die auf Grund der thatsächlichen Verhältnisse überhaupt denkmöglich wäre.

So schließt sich denn dieser Theil dem vorhergehenden harmonisch an, auch er beweist eine Autonomie der Lebensphänomene.

Die Differenzirung harmonisch-äquipotentieller Systeme bei Ausschluss äußerer Faktoren bewies oben die Nothwendigkeit der Annahme einer solchen (des »Vitalismus«).

Die Nothwendigkeit »vitalistischer« Annahmen wird jetzt durch die Existenz und Genese äquipotentieller Systeme mit komplexen Potenzen zum anderen Mal bewiesen.

Dort bewies die Analyse des Geschehens an Systemen gewisser Art, die Analyse einer gewissen Art der »Differenzirung«.

Hier beweist die Analyse des Zustandekommens von Systemen anderer Art, die Analyse der Bildung gewisser Differenzirungsausgänge.

Dort Analyse der Formbildung, hier Analyse der Voraussetzungen der Formbildung und der Vertheilung dieser Voraussetzungen. —

War doch diese Harmonie zu vermuthen: war doch anzunehmen, dass, wo die Entwickelung in ihrem Verlauf nicht materialistisch zu deuten war, auch die Bildung der Ausgangspunkte von Formbildung solches nicht sein werde.

Als was aber erscheinen nun »Potenzen für Komplexes«? Sie erscheinen als eben das, als was im ersten Beweise der Autonomie der Lebensphänomene die Größe A erschienen war, als den in Rede stehenden Systemen anhaftende konstante Größen besonderer, das Specifisch-Typische der Formbildung bestimmender Art, und zwar solcher Art, dass wieder das Wort Entelechie dafür als das zutreffendste erscheint.

Sie sind, wie ja der Name Potenz sagt, Inbegriffe von Möglichkeiten, aber nicht nur in formal begrifflicher Art, sondern in ganz bestimmter realer Art. Sie sind elementare Naturgrößen. —

Daraus, dass Maschinen sich nicht theilen und dabei doch ganz bleiben können, erwuchs uns unser zweiter Autonomiebeweis: also

können sich unsere Entelechien theilen und doch ganz bleiben? Gehörte dieses Kriterium vielleicht geradezu in die Definition der Entelechie?

Wir müssen hier, scheint es, von intensiven Mannigfaltigkeiten reden im Gegensatz zu den extensiven Mannigfaltigkeiten, welche uns die anorganischen Wissenschaften kennen lehren.

Doch seien Erörterungen dieser Art noch verschoben: ihre bloße Andeutung zeigt schon übergenug, dass wir Recht hatten, wenn wir in der Einleitung zu diesem ganzen Kapitel bemerkten: »im Mangel eingebürgerter Begriffe« läge die Hauptschwierigkeit biologischen Theoretisirens.

5. Von der logischen Form der beiden Beweise für die Autonomie der Lebensvorgänge.

Sollen wir jetzt mit wenigen Worten die logische Verwandtschaft zwischen unseren beiden Beweisen für den »Vitalismus« und ihre logische Natur überhaupt darlegen, so könnte das etwa, wie folgt, geschehen:

Beide Male hieß es: materialistisch könnten sich die vorliegenden Phänomene aus gewissen Gründen nur auf Basis von Maschinen komplicirter Art begreifen lassen — solche Maschinen aber können aus anderen Gründen nicht vorhanden sein.

Das erste Mal können sie nicht vorhanden sein, weil eine Maschine nicht dieselbe bleibt, wenn man ihr beliebig Theile nimmt, oder ihre Theile beliebig verlagert, das zweite Mal nicht, weil Maschinen sich nicht theilen können.

Die Form: »nur als Maschine zum Theil materialistisch verständlich, aber als Maschine andererseits unmöglich«, wird wohl auch die Form weiterer, künftiger Beweise für die Autonomie der Lebensvorgänge sein.

Indem nämlich durch Nachweis solcher Sachlage dargethan ist, dass die Vorstellung des in Erörterung stehenden Geschehens als eines maschinell verlaufenden einen logischen Widerspruch in sich schließt, ist zwingend dargethan, dass solche Vorstellung nicht, vielmehr ihr kontradiktorisches Gegentheil zu Recht besteht; in welcher Form dieses Gegentheil statt hat, hat die Untersuchung von Fall zu Fall auszumachen.

Das aber wird von einem wirklichen Beweise der Autonomie der Lebensvorgänge immer gefordert werden müssen, dass er die

Möglichkeit des Maschinellen wirklich ausschließe, dass er zeige, wie keine noch so komplicirt gedachte, mit noch so viel inneren Harmonien ausgestattete Maschineneinrichtung zum Verständnis der Sachlage ausreichen könne.

Wir sind in dem Glauben, dass uns dieser Nachweis zweimal gelungen ist.

6. Ausblicke.

a. Bemerkungen über das Cambium und seine Leistungen.

Unseren beiden Beweisen für die »Autonomie« gewisser Lebensphänomene, also, populär gesprochen, für die Berechtigung des »Vitalismus«, schließen wir einige aphoristische Erörterungen an, auf Grund deren sich später einmal vielleicht weitere solche Beweise gewinnen lassen möchten.

Zunächst soll vom Cambium, insbesondere von den Beziehungen seiner Leistungen zur sogenannten funktionellen Anpassung, die Rede sein.

Das Cambium besitzt eine mehrdeutige prospektive Potenz, mindestens eine vierdeutig-determinirte. Es kann Spross- und Wurzelanlagen bilden und im Bedürfnisfalle die mechanischen oder die leitenden Gewebe verstärken; wie die Vöchting'schen Knollenversuche zeigen, kann es sogar noch mehr.

Die Beziehung zwischen Specifität des Reizes und Specifität des Effektes erscheint hier nicht als besonders seltsames Problem, da die Potentialität des Reagirenden, obschon mehrdeutig, doch nicht indeterminirt ist. Dass viererlei Verschiedenes geschieht, wo vier verschiedene Reizarten vorliegen, kann man sich schon ohne Einführung neuer Begriffe plausibel machen.

Spross- und Wurzelanlagebildung gehören den Restitutionsregulationen an, sie erfordern, da sie nicht am Orte der Entnahme selbst geschehen, eine Vermittelung, über die wir Näheres ja leider nicht wissen.

Verstärkung der mechanischen oder leitenden Gewebe bedeutet adaptive Regulation in unserem Sinne: sie bedarf keiner besonderen Vermittelung, da sich annehmen lässt, dass die den Reiz darstellenden Faktoren, Wasserentziehung oder Zug, eben auch die cambialen Zellen treffen werden.

Seltsam erscheint hier aber ein anderer Punkt, und zwar ist es das Verhältnis der geschilderten Vorgänge zur sogenannten

funktionellen Anpassung, das, wie uns dünkt, eines kurzen Kommentars bedarf.

Bei der von Roux[1]) sogenannten funktionellen Anpassung sollte ein Organ durch Funktionsausübung seiner Elemente von eben diesen funktionirenden Elementen aus gestärkt und dadurch noch tauglicher zum Funktioniren gemacht werden[2]).

Bei den Leistungen des Cambiums nun reagiren die eigentlich »funktionirenden« Elemente, die mechanischen und leitenden Fasern, gar nicht selbst; sie können es gar nicht einmal, sie sind ganz oder nahezu todte Substanz: was reagirt, sind »indifferente« Zellen, die bisher mit der »Funktion« gar nichts zu thun hatten, und nur von einer eingetretenen Funktionsänderung (Zug, Wasserentziehung) auch etwas mit erfahren.

Das ist offenbar etwas recht wesentlich Anderes.

Das ist keine Anpassung »durch und damit an« die Funktion, sondern nur eine solche »an«, besser zu der Funktion.

Man möchte sich versucht fühlen, Angesichts dieser Thatsachen die Frage aufzuwerfen, ob nicht vielleicht auch bei der »eigentlichen« funktionellen Anpassung der thierischen Muskeln und Drüsen, so weit es sich nicht um bloße Verstärkung schon vorhandener Elemente handelt, gerade nicht funktionirende, »indifferente« Zellen, wie sie auch oftmals (s. o.) regenerativen Processen dienen, die eigentliche numerische Verstärkung leisten möchten. Dann bliebe von dem Kollektivbegriffe »funktionelle Anpassung« nicht einmal der Name als zu Recht bestehen übrig, nachdem die Sache selbst schon aufgelöst wurde[3]).

Wie seltsam der wirkliche Sachverhalt am Cambium ist, sieht man erst so recht ein, wenn man sich vergegenwärtigt, was Alles in den Vöchting'schen Knollenversuchen vom Cambium geleistet wird. Hier erscheint seine übliche vierdeutige Potenz erweitert: Speicherzellen kann es z. B. bilden. Das ist in typischer Weise eine Leistung bloß zur Funktion. Ich erinnere an das hinsichtlich dieses Falles im Abschnitt über die »Vermittelungen« Gesagte. Löst etwa der Säftestrom, der kraft seiner Zusammensetzung zur Ablagerung von

---

1) »Kampf der Theile.« Leipzig 1881.

2) Von unserer an anderem Orte gegebenen Zerlegung des Begriffs der funktionellen Anpassung« in formative Effekte sehen wir hier ab, da es uns nur auf Kontrastirung des Roux'schen Begriffs zur Thätigkeit des Cambiums ankommt.

3) Siehe mein »Referat für 1898«, in den Erg. f. An. u. Entw. pag. 792 ff.

Reservestoffen gleichsam drängt, die Gestaltung von Reservespeichern aus? Wir wussten diese Frage nicht positiv zu entscheiden; namentlich die von Vöchting beobachteten funktionslosen Restitutionsknollen schienen darauf hinzuweisen, dass hier ein anderer, sehr räthselhafter Faktor am Werk wäre (s. o. pag. 117f.).

Räthselhaft wäre auf alle Fälle auch die Auslösung der Speicherbildung durch den Säftestrom: abgesehen davon, dass sie in der normalen Ontogenese nicht vorkommt, läge hier der Fall, bildlich gesprochen, so, als wenn irgendwo auf Grund der Anwesenheit von Kohle oder Erzen ein Hüttenwerk entstünde.

Solches geschieht ja freilich: aber Menschen haben es dann gebaut.

Was bedeutet diese Analogie? — Doch wir wollen sie eine Analogie und nichts weiter hier sein lassen.

Wo wir nicht mit strengen Begriffen wirklich beweisen können, da wollen wir auch nicht bewiesen zu haben scheinen.

So sehen wir denn in diesen Bemerkungen keinen »dritten Beweis« des Vitalismus, sondern höchstens Materialien für einen solchen.

Als Andeutung für Künftiges mag kurz auch noch dieses bemerkt sein: wir haben bisher, um unseren schon an und für sich hinreichend dunklen Gegenstand nicht noch mehr zu kompliciren, absichtlich von einer Zergliederung des physiologischen Funktionsbegriffes Abstand genommen, weil eine solche nicht unbedingt nöthig erschien; dass principiell die Aufstellung zweier Arten des »Funktionirens« möglich ist, zeigte ich schon früher[1]): man kann das, was ein Theil wirklich aktiv leistet, als »Eigenfunktion«, das, was er kraft der Konstellation des Ganzen leistet, als »harmonische Funktion« bezeichnen. Zu ersterer Gruppe gehören alle Stoffumsätze, Sekretion, Durchlässigkeitsänderung, Theilung etc.; aber gerade das, was bei Anregung der Cambiumthätigkeit in Betracht kommt: Leitung und Widerstandleistung, sind wohl ganz vorwiegend harmonische Funktionen: sind gar keine aktiven Leistungen.

Dadurch wird offenbar das Problem um so seltsamer. —

b. Einiges über Resorptionen.

Nur kurz berücksichtigt wurden bisher in unserer streng rationellen Betrachtung die Thatsachen der regulatorischen Resorption,

1) »Referat« pag. 793.

die bei Hydra, Tubularia, Stentor u. A. eine so seltsame Rolle spielen.

Sie bieten desshalb einer tiefer gehenden Analyse zur Zeit weniger Handhaben, weil es sich bei ihnen um allgemeine Effekte destruktiver Art, nicht um das Erzielen von tektonischen Wirkungen handelt. Wenigstens dürfen wir wohl annehmen, dass das Niederreißen, betreffe es auch ein komplicirtes Gebilde, kein in sich komplicirter, sondern ein einfacher (fermentativer?) Vorgang sei, wie man ja denn durch manche chemische Mittel jeden Organismus in seiner Tektonik vernichten kann.

Offenbar ist der Organismus in den vorliegenden Fällen hinsichtlich der Resorptionen ein äquipotentielles System, denn offenbar kann hier jeder Ort Resorption leisten, aber eben wegen der Einfachheit des Resorptionsvorganges ist seine Potenz nur als eindeutig-determinirt, nicht als indeterminirt oder gar harmonisch anzusehen, und damit fallen für uns hier zur Zeit komplicirtere analytische Probleme, mit Ausnahme des einen im Anschluss an die Lokalisationsvorgänge kurz erwähnten (pag. 182), weg.

Einer Zeit, die über größere Denkhilfsmittel verfügt, als wir jetzt, möchte vielleicht in deutlicherer Weise aus den Resorptionen die Thatsache vitaler Gesetzlichkeit entgegenleuchten.

Vom »idealen Fertigen« hängen Resorptionen auf alle Fälle ab: sie geschehen dort, wo etwas »nicht sein soll«: aber einmal ist ihre Örtlichkeit, mit Ausnahme jenes einen Falles der Tubularia, immer ohne Weiteres durch den Ort des Abnormen bestimmt, und zum Anderen besteht, wie gesagt, die im Interesse des Ganzen geschehende Leistung, möge sie geschehen, wo sie wolle, immer im Gleichen, Einfachen, nicht, wie bei den Wachsthumsregulationen, darin, dass jedes Element im Interesse des Ganzen etwas Anderes leistet.

Wenigstens weiß ich zur Zeit den Resorptionen keine weiteren allgemeinen Gesichtspunkte abzugewinnen.

c. Schlusserörterung.

Nur tastende Versuche enthielten unsere beiden letzten Abschnitte, gleichsam einen Anhang zu unseren zwei Beweisen der Lebensautonomie, Hinweise auf Wege, auf denen vielleicht später einst »bewiesen« werden möchte. Ich bitte aber den Leser, das »bewiesen haben« und das »vielleicht beweisen können«

ebenso scharf bei sich zu trennen, wie ich es bei und mir für mich trenne.

Beweise des »Vitalismus« nenne ich, wie oben bemerkt, nur Ausführungen, welche die Annahme desselben unabweisbar machen, wozu es durchaus nicht mathematischer Formulirungen bedarf.

Wenn ich außer diesen festen Beweisen noch weitere Beweismöglichkeiten ahne, so kann ich dem Leser nicht zumuthen, dass er diese Ahnung theilt, und darf ihm nicht zürnen, wenn ihm mein Ahnen recht gleichgültig ist.

Er selbst ahnt vielleicht auf anderer Fährte künftige Beweise der Lebensautonomie, wobei freilich er mir wiederum nicht zumuthen darf, dass ich solche für erbrachte Beweise annehme.

So möchte es Leute geben, welche schon durch die bloße Thatsache der Regenerationsfähigkeit, etwa bei Anneliden, an und für sich den Vitalismus für bewiesen halten, indem sie sagen: eine Maschine, wie wir sie kennen, vervollständigt sich nicht, wenn ihr Theile genommen sind[1]).

Ganz gut, sage ich, aber nicht analytisch genug gedacht: man weiß zunächst, dass ich bei der Regeneration Anlagebildung und Ausgestaltung scheide; für letztere halte ich die Geltung vitaler Causalität für sehr wahrscheinlich (pag. 176, Anm.), für erstere aber nicht so ganz ohne Weiteres; freilich dann auch, wenn man meine specielle Regenerationstheorie, welche mit Gleichartigkeit der Anlagen und Beendigung der Ausgestaltung durchs Vorhandene operirt, zugiebt[2]), weil sich in diesem Falle in der Gleichartigkeit der Anlagen,

---

1) Vielleicht möchte auch Einer die »funktionelle Anpassung« als »Beweis« für die Lebensautonomie ansehen, indem er sagt: Maschinen werden (vom allerersten Anfang abgesehen) durch Gebrauch immer schlechter, Organe immer besser. Auch das wäre, ganz abgesehen von der Thatsache des »Alterns« (pag. 152. Anm. 1) unanalytisch gedacht. Viel wichtiger erscheint das wenige Analytische, das auf pag. 193 f. über »funktionelle Anpassung« gesagt ist.

2) Giebt man meine Regenerationstheorie nicht zu, sondern sieht man in sich regenerirenden Organen inäquipotentielle Systeme, indem jeder Querschnitt desselben nur je eine specifische Bildung, nämlich das jeweilig Fehlende, an und für sich erzeugen könne, so dass also jeder Querschnitt andere Potentialität besäße, dann könnte ich den vitalen Charakter der Regenerationen nicht in solcher Form beweisen, wie ich sie von einem wirklichen »Beweis« verlange; dann könnte auch ich zur Zeit einen Beweis hier nur als künftig ahnen — wenigstens so lange nicht noch neue Begriffsmittel herangezogen würden, wozu aber in dieser Studie keine Veranlassung vorliegt, daher, um Komplikation zu vermeiden, der Versuch unterbleiben soll.

welche von den Theilen eines Organismus, etwa dem Epithel, gebildet werden können, eben letzteres als äquipotentielles System mit komplexen Potenzen erweist.

Man sieht: ich gebe inhaltlich den Satz jener Leute hypothetisch zu (für sachliches Zugeben fehlen zur Zeit die nöthigen Experimente), aber ich fordere eine strengere Formulirung des Satzes, ehe ich ihn zugebe.

Denn ohne strenge Formulirung der Gedanken und ohne ihre Analyse in letzte Elemente giebt es keine wahrhaft beweisende Naturforschung.

C. Erkenntniskritischer Theil.

Kapitel I.

Physik — Chemie — Biologie.

»Nehmen wir ein chemisches Potential an, so müssen wir zugeben, dass dasselbe zum Unterschied physikalischer Potentiale diskrete Stufen aufweist, die bei Zerlegung einer sogenannten Verbindung wieder zurückgelegt werden können.«

»Schwerlich wird sich ein solches Potential als eine einfache lineare Mannigfaltigkeit auffassen lassen, wie die geläufigen physikalischen Potentiale. Schon der Umstand, dass bei chemischen Vorgängen (Potentialänderungen) ein ganzer Komplex von Eigenschaften sich ändert, erschwert diese Auffassung.«

»Die physikalischen Vorgänge unterliegen gewissen Gleichungen, welche Beständigkeiten der Verbindung oder Beziehung der in die Gleichungen eingehenden Elemente vorstellen. Ist eine chemische Wandlung eingetreten, so werden jene Gleichungen durch ganz neue ersetzt. Jene Regeln, welche den Übergang von dem einen Gleichungssystem zu dem anderen vollständig bestimmen würden, wären die vollständigen chemischen Gesetze, und würden der Physik gegenüber Beständigkeiten höherer Ordnung darstellen.«

In diesen Worten Mach's[1]) kommt der Unterschied zwischen physikalischen und chemischen Vorgängen ebenso treffend wie vollständig zum Ausdruck. Die moderne energetische Behandlung gewisser Seiten des chemischen Geschehens hat, so scheint es, Manche verführt, die Unterschiede zwischen beiden Arten von Vorgängen zu übersehen. Sie bleiben bestehen, selbst wenn an Stelle der gesammten »Physik« eine Energetik[2]) gesetzt wird.

Mach redet in den von uns abgedruckten Sätzen von Gleichungen und Potentialen und macht an dem, was sie ausdrücken, den Unterschied von Physik und Chemie klar. Uns nützt diese Art der Betrachtung für die Biologie wenig, weil wir Ausdrücke, wie sie den physikalischen »Gleichungen« entsprechen, hier zur Zeit nicht im entferntesten, vielleicht überhaupt nicht aufstellen können.

Physikalische Gleichungen sagen Beziehungen zwischen Energiefaktoren aus, in letzter Instanz ver»gleichen« sie Alles mit Faktoren mechanischer Energie, da wir nur sie, oder vielmehr nur gewisse von ihnen, unmittelbar, als Strecken, messen können. Denn es ist klar, dass wir nur Strecken ihren relativen Werthen nach exakt zu bestimmen im Stande sind.

Die Formel des Boyle-Mariotte'schen Gesetzes:

$$pv = RT$$

mag als Beispiel einer physikalischen Gleichung gelten. Sie gilt für eine chemische »Stoffart«, für welche eine gewisse Konstante

$\left(\frac{p_0 v_0}{T_0}, \text{ wo } T_0 = 273\right) = R$ ist.

Für einen anderen »Stoff« würde in strenger Ausdrucksweise die Gleichung lauten: $pv = R_1 T$.

Unser Beispiel war, um uns wieder der Redeweise Mach's zu bedienen, ein solches, das »Beständigkeiten der Verbindung« energetischer Größen zum Ausdruck brachte. »Beziehungen der Elemente« der Gleichung im engeren Sinne drückt z. B. aus die Formel, welche zur Kennzeichnung der Abhängigkeit der Änderungen der Schmelzungstemperatur von Änderungen des Druckes dient:

$$dt = AT\frac{u}{r}dp.$$

Hier ist u die eine gewisse »Stoffart« kennzeichnende Konstante

---

1) Principien der Wärmelehre. 1896. pag. 358 ff.

2) Vgl. hierzu die Schriften Helm's und Ostwald's.

($u = s - \sigma$, wo s das specifische Volum des flüssigen, σ das des festen »Stoffes« ist).

Die Gleichung geht für eine andere Stoffart in:

$$dt = AT \frac{u'}{r} dp$$

über.

Die Konstanten, welche in den mitgetheilten Gleichungen eine Rolle spielten, sind es nun, an welche wir, im Interesse unserer biologischen Begriffsmethodik, einige Betrachtungen anknüpfen wollen. An sie nämlich können wir mit einigem Erfolg anknüpfen, während uns, wie gesagt ist und noch näher erörtert werden wird, ein Anknüpfen an die Gleichungen selbst zur Zeit kaum weiter führen würde.

Die physikalischen Konstanten, wie sie in den Gleichungen figuriren, sagen etwas aus darüber, wie sich »Stoffarten« — (nicht »Körper«, welche der Größe nach absolut bestimmte Dinge sind) — quantitativ zu energetischen Geschehnissen verschiedener Art stellen.

Anders gesagt: sie kennzeichnen, in welcher Intensität sich eine Energieart an ihnen zeigen würde, wenn sie einen gewissen Energiewerth A repräsentirt. Das wird ohne Weiteres klar, wenn wir z. B. die specifische Wärme eines Stoffes, oder besser, in Bezug auf einen gegebenen Körper, seinen »Wärmewerth«, s, betrachten: die Größe von s giebt hier an, welche Temperatur (Intensität) der Körper zeigen wird, wenn ihm die Wärmemenge (Energiewerth) A zugeführt wird[1]).

Die physikalischen Konstanten, welche in den Gleichungen eine Rolle spielen, beziehen sich also immer auf eine Geschehensart und sagen eine Quantität aus.

Es ist nun klar, dass es noch andere ebenfalls physikalische Konstanten geben muss, als die genannten. Sie treten nur mehr in den Hintergrund desswegen, weil sie in den von Quantitäten handelnden Gleichungen keine Rolle spielen.

Drückten die Konstanten der Gleichungen quantitative Potenzen aus, so beziehen sich die jetzt in Rede stehenden Konstanten auf Qualitatives, sie beziehen sich nämlich auf Umwandlungen der Energie. Sie machen darüber eine Aussage, in welcher

---

1 Von Abweichungen, die dadurch bedingt werden, dass s selbst Funktion von Temperatur etc. ist, sehen wir hier ab. Die Einschränkuug würde ja in Hinsicht auf andere Konstante, z. B. die Masse, wegfallen.

Weise eine Stoffart eine bestimmte ihr zugeführte Energieart verwandelt.

Die Nothwendigkeit, diese nicht nur quantitativen Konstanten zuzulassen, scheint mir einleuchtend. Es ist nämlich durch die »Gleichungskonstanten«, wie wir sie nennen wollen, noch nicht ausgedrückt, dass z. B. Turmalin durch Erwärmung elektrisch werden müsse, dass an einer Hartgummistange ein bestimmter Procentsatz der durch Reibung zugeführten Energie sich als Elektricität, ein anderer sich als Wärme zeige.

Wir bedürfen aber solcher konstanter Größen, die das aussagen; denn auch in den allgemeinen energetischen Sätzen »des Geschehens« ist davon nicht die Rede. Unsere neuen Größen gehören zu dem, was die Energetik »Maschinenbedingung« eines Systems nennt, sind aber darum nicht minder eine begriffliche Sonderheit.

Unsere »physikalischen Konstanten zweiter Art« beziehen sich also nicht wie die Gleichungskonstanten auf die Intensität des Auftretens von Energie, welche ohne Umwandlung zugeführt wird, sondern sie beziehen sich nur auf Verwandlungsvorgänge und geben für jeden möglichen Verwandlungsfall das Maß der Verwandlung an. Die so angegebene Größe kann wohl in gewissen Fällen $= 0$ sein.

Es ist klar, dass die Charakteristik dieser Konstanten begrifflich inhaltreicher ist, als die der Gleichungskonstanten.

Gehen wir über zum Chemischen, so finden wir in dem, was sich »Affinität« nennt, nicht nur, wie bei den physikalischen Konstanten zweiter Art, die Beziehung auf eine zweite allgemeine Eigenschaftskategorie (Energieart), sondern die Beziehung einer ganz typischen Eigenschaftskonstellation auf eine andere typische. Zwei Stoffe (»Verbindungen«), die je mit einem anderen deutliche Potentialwerthe repräsentiren, thun solches unter sich oftmals nicht. Eben dass sie es trotz ihrer Verschiedenheit nicht thun, ist das Seltsame. Wenn man sagt, sie repräsentirten eben in Hinsicht auf einander gleiche Niveaus, so ist es gerade dieses, was uns seltsam erscheint, was das eigentlich »Chemische« ausmacht.

Es tritt in der Affinität eine Beziehung jeder individuellen Stoffart zu jeder anderen Stoffindividualität zu Tage. Die Affinität ist aber offenbar etwas Konstantes, und so finden wir denn im Chemischen Konstanten, welche durch specifische Beziehungen gekennzeichnet sind, während die physikalischen Konstanten

erster und auch zweiter Art nur durch allgemeine Eigenschaftsbeziehungen charakterisirt waren.

Jeder chemische Stoff repräsentirt einen Komplex von physikalischen Konstanten, seine chemische Konstante drückt nun aus, wie er sich zu anderen Komplexen von physikalischen Konstanten in Bezug auf die Schaffung neuer Komplexe stelle.

Dieses ist das Wesentliche dessen, was die »Affinität« aussagt, und es ist dringend davor zu warnen, über der Möglichkeit, das Quantitative an chemischen Vorgängen energetisch zu fassen, wobei denn die Affinität als »Potential« die Rolle eines Intensitätsfaktors spielt, die eigentlich wesentliche Charakteristik der Affinität zu übersehen.

Mach hat auch auf die Unstetigkeit des chemischen energetischen Ausgleichs die besondere Aufmerksamkeit gelenkt; sie hängt mit dem »Specifischen«, das der Affinitätskonstante so deutlich anhaftet, zusammen.

In dieser Unstetigkeit des Chemischen liegt es auch begründet, dass man nicht etwa sagen darf, bei chemischem Geschehen erhielten die Konstanten der physikalischen Gleichungen den Charakter von Variabeln[1]). Sie sind eben nicht beliebig variabel, sondern können nur gewisse feste Werthe haben. Warum, lehrt vielleicht einst eine vollendete, wissenschaftliche chemische Systematik[2]). —

So haben wir also, die Betrachtung mit den Gleichungskonstanten der Physik beginnend und über die physikalischen Konstanten zweiter Art zu den Affinitätskonstanten der Chemie fortschreitend, vom begrifflich Einfachen anfangend allmählich Naturgrößen kennen gelernt, welche zwar auch in sich einheitlich und untrennbar sind, welche aber in ihrer Totalität nur durch Begriffskombinationen gekennzeichnet werden können.

Das aber ist es, was wir zur Erleichterung des Verständnisses der von uns eingeführten biologischen Begriffe brauchen.

Schon der Begriff der Affinität ist eine intensive Mannigfaltigkeit: er ist als Naturgröße **eins**, er kann aber nur diskursiv, als **Komplex** von Elementarbegriffen gedacht werden, weil er ja von Relationen von Specifischem zu Specifischem handelt.

---

1) Vgl. das früher, in Nr. VI meiner Entwickelungsmech. Stud. pag. 57, über diese und ähnliche Dinge Gesagte. Es ist z. Th. richtig, z. Th. aber falsch.

2) Über den Begriff der wissenschaftlichen Systematik siehe meine »Biologie« § 6. Nur Haacke (Grundriss der Entwickelungsmechanik pag. 38 f.) ist bisher auf diese Ausführungen eingegangen.

Nur dem Grade der Komplieirtheit naeh unterseheiden sieh unsere biologischen Elementarbegriffe vom Elementarbegriff der Chemie, der Affinität, ebenso wie diese nur gradweise von den physikalisehen Konstanten zweiter Art versehieden war.

Elementarbegriffe sind sie in ihrer Kennzeiehnung von Naturgrößen alle, aber aueh alle sind sie logiseh nieht elementar.

Wir finden also das logiseh Gegliederte, das Mannigfaehe, in Untrennbares vereint, und daher eben habe ieh von intensiven Mannigfaltigkeiten geredet.

Zwar sind alle diskutirten Begriffe Ausdrüeke von Mögliehem, von Potenzen, Potentialitäten. Aber diese Potenzen gehören nothwendigerweise zur vollständigen Kennzeiehnung des Wirkliehen, ähnlieh wie die dritte Dimension, obwohl nieht sinnfällig unmittelbar gegeben, nothwendiger Weise zur vollständigen Kennzeiehnung des Raumes gehört.

Freilieh stellt sieh, wenn wir nun zum Biologisehen übergehen, das »intensive Potentielle«, das wir hier zur Zeit kennen, in anderer Form dar, als das intensive Potentielle der Chemie, nämlieh als Enteleehie im Gegensatz zur Dynamis, um des Aristoteles Worte[1]) zu gebraueheu, aber dieser Untersehied hindert nieht die allgemeine logisehe Verwandtsehaft der im Chemisehen und im Biologischen benutzten Begriffe, welehe gleiehermaßen intensive Mannigfaltigkeiten, d. h. natürliehe, nieht begriffliehe Elementargrößen sind. —

Wenn wir Eingangs sagten, dass wir unsere biologisehen Erörterungen nur an die Konstanten der Physik, nieht an die physikalisehen Gleiehungen als Ganzes anknüpfen könnten, so hat das folgende Gründe:

Im Physikalisehen und Chemisehen sind die eigentliehen »Dinge«, an denen sieh die Betraehtung von Veränderungen abspielt, einfaeh, und die Veränderungen sind immer von außen gesetzt; daher sieh aueh alle »Potentialitäten« an ihnen auf Äußeres beziehen und daher, wie wir soeben sagten, *δυνάμεις* im Sinne des Aristoteles sind.

Der Lebenskörper aber ist als »Ding« an und für sieh sehon etwas, das eine große Reihe von Veränderungen voraussetzt, ehe es fertig ist, es ist als Fertiges niehts Einfaehes. Um fertig zu werden, setzt er eine große Reihe von Gesehehnissen voraus.

---

1) Vgl. hierzu vorwiegend seine Metaphysik, Buch 9 und die Schrift »Über die Seele«.

Daher erwachsen der Biologie von vorn herein ganz andere Probleme als der Chemie und Physik: Die »Konstante« des Lebenskörpers als eines Ganzen evolvirt sich in Zeit und Raum. Die Gesetze dieses Evolvirens sind naturgemäß das erste Problem der Biologie.

Es kommt dazu, dass sie zunächst das einzige sind, das einigermaßen gefördert ist.

Zwar ist auch eine Wissenschaft der »Beziehungen der lebenden Körper« denkbar, und seitens der Variationsforscher sind hier auch bereits Ansätze zur exakten Erforschung gemacht; aber selbst die Ergebnisse von DE VRIES bieten noch nicht einigermaßen formulirbare Resultate.

Das Alles ist der Grund, wesshalb wir an die Konstanten der Physik anknüpfen mussten, nicht an ihre »Beziehungen« ausdrückenden Gleichungen.

Im Studium des Evolvirtwerdens der lebenden Formen stießen wir nun eben auf Naturbegriffe, welche als solche elementar waren und daher als wahre Konstanten[1]) angesehen werden durften; wir nannten sie Entelechien.

Dass wir sie aber Entelechien nannten und nicht wie die Potenzen des Anorganischen als Dynameis bezeichneten, hat in jenem schon erwähnten Umstande seinen Grund, dass sie gewonnen wurden als Quintessenz des analytisch-experimentellen Studiums des sich evolvirenden Lebenskörpers selbst, dass sie nur geschehen in Hinsicht auf ihn selbst, aber keine Beziehungen nach außen kennzeichnen.

Im Anorganischen erkennen wir, was ein »Ding« ist, erst aus seinen äußeren Relationen, im Organischen können wir solches zum Theil schon aus ihm selbst erkennen.

Hier hat sich nun gezeigt, dass gewisse Phänomene des sich Evolvirens der Form unzweideutig auf Konstante sui generis hinweisen.

Auch sie sind als Naturgrößen einfach und untrennbar, als Begriffe zusammengesetzt; und zwar sind sie Letzteres in höherem

1) Es bedarf keiner weiteren Erläuterung, dass ein Lebenssystem, das eine bestimmte Entelechie als »konstante« Elementareigenschaft besitzt, daneben natürlich auch physikalische und chemische Konstanten hat. Eben desshalb vertragen sich die physikalische Eliminationsmethode und die vitalistische Denkweise zusammen.

Grade als die »intensiven Mannigfaltigkeiten« der Chemie, weil eben die lebende Form an und für sich schon etwas äußerst Zusammengesetztes im Verhältnis zum unorganischen Körper, selbst mitsammt dessen sämmtlichen Relationen, ist.

So zeigten sich uns die Objekte der Wissenschaften als verschiedene Stufen der elementaren Komplicirtheit.

Dieses aber wusste schon SCHOPENHAUER[1]). —

Dass wir unsere Erörterung der Entelechien an die Betrachtung der Konstanten der Physik anknüpfen konnten, nicht an die ihrer Gleichungen, hat aber noch einen anderen Grund, als bloß den, dass sie logisch jenen Konstanten parallelisirbar seien, und zwar diesen:

Obwohl nämlich unsere biologischen Konstanten nicht einfache Größen, sondern Satzinhalte sind und darin eine Verwandtschaft mit dem Inhalt physikalischer Gleichungen haben, können sie doch nie deren Form erlangen. Denn Gleichungen sind immer Aussagen in Bezug auf Quantitäten; solche dürften innerhalb des Bereichs der Entelechien nur selten und gleichsam als Nebensachen vorliegen; ihr wesentliches Kennzeichen ist nicht Quantität, auch nicht Qualität, sondern Ordnung.

Wird doch übrigens auch im Chemischen durch die quantitativen energetischen Gleichungen das Wesentlichste, nämlich die Frage der specifischen Affinität, nicht berührt.

Wenn nun aber auch ein mathematischer Ausdruck des Resultates

---

1) Er wusste aber auch, dass hier Dinge vorlägen, die wir zur Zeit und wohl noch für lange einfach hinzunehmen gezwungen sind; nicht so maßvoll und nicht mit so weiser Beschränkung verfuhren bekanntlich SCHELLING, HEGEL und ihr Anhang in ihrer sogenannten »naturphilosophischen« Konstruktion.

Gleichwohl ist nicht zu leugnen, dass ein wirklich vorhandenes Problem auch von diesen Männern wenigstens dunkel gesehen wurde. Das wird man ihnen, ungeachtet aller Wüstheiten der konstruktiven Versuche, zu Gut halten müssen.

Die Frage nach der Begreifbarkeit der Totalität des Mannigfaltig-Verschiedenen, nach der Begreifbarkeit von Systematik ist es, das hier vorliegt.

Es liegt vor, mag es sich um die Verstandeskategorien oder um Naturdinge handeln.

Dass es nur fünf reguläre Körper geben könne, begreifen wir; hypothetisch begreifen wir Ähnliches in der Krystalllehre; warum sollen wir es nicht einst auf anderen Gebieten begreifen?

Man vergleiche wiederum den § 6 meiner »Biologie«; ferner die Abschnitte »System der Begriffe« und »Naturlogik« in DÜHRING's »Logik und Wissenschaftstheorie«. —

von Experiment und begrifflicher Analyse im Chemischen nur zum Theil, im Biologischen so gut wie gar nicht möglich ist, so ist darum doch ein strenger Wortausdruck in den beiden letzten Disciplinen um so mehr erforderlich.

Wir hoffen, dass unsere beiden Beweise des Vitalismus in dieser Beziehung nicht gar zu weit hinter dem Erforderlichen zurückbleiben.

Kapitel II.

Begriff — Möglichkeit — Wirklichkeit.

Wenn wir unsere Enteleehien, wenn wir auch die Konstanten der Physik und Chemie Naturgrößen nannten, so geschah Solches im Sinne der idealistischen Philosophie, welcher die Natur empirische Wirklichkeit ist, nämlich derjenige Theil des im Bewusstsein Gegebenen, den ich räumlich anschaue.

Metaphysisch, d. h. über das in diesem Sinne Wirkliche hinausgehend, sollen unsere Begriffe nicht sein.

Zwar drücken sie keine unmittelbaren Wirklichkeiten im Sinne von sinnlich gegebenen Daten aus, sie bezeichnen »Potenzen«, Möglichkeiten, ebenso wie, nur in anderer Relation, die Konstanten des Anorganischen.

Als Bestimmer des Effektes könnte man alle Konstanten, in Physik, Chemie und Biologie, bezeichnen[1]).

Vom strengsten Standpunkt »immanenter Philosophie« könnte das getadelt werden; ich denke mit Unrecht; denn, um einmal das Wort zu verwenden: die »Ökonomie des Denkens« erheischt Begriffsbildungen wie die unserigen. Sie sind nothwendige Vervollständigungen des Weltbildes[2]).

Haften sie doch stets an »unmittelbaren« Wirklichkeiten, so dass sie ihren Ort im empirischen Raum specifisch einnehmen.

Und im praktischen Leben rechnen wir ganz und gar mit

1) Vgl. hierzu J. Reinke's Begriff der »Dominante«, »Gedanken über das Wesen der Organisation« Biol. Centr. 1899. pag. 81 ff.

2) Treffend sagt Schuppe (Grundriss pag. 73) über Begriffe wie »Anlage«, »Fähigkeit« etc.: sie bedeuten »absolut nichts, was geheimnisvoll in den Dingen säße und eine geheimnisvolle Thätigkeit ausübte, sondern nur die direkt zu ihrem Sein selbst gerechnete Nothwendigkeit«.

solchen Wirklichkeiten zweiten Grades, wie man sie nennen könnte, ob sie schon nur der Inbegriff von Möglichkeiten sind.

Darin eben besteht der »Vitalismus«, dass die Lebensphänomene uns nöthigen, gewisse Wirklichkeiten zweiter Art zu schaffen, welche sich, als sachlich nicht weiter zerlegbare, neben eine Art von Möglichkeitswirklichkeiten[1]) der Chemie und Physik, nämlich neben deren Konstanten, stellen. Alle sind Naturgrößen, so weit die Wirklichkeiten zweiter Art zur Natur gehören.

Im Grunde genommen sind es ja nur gewisse Aussagen über »prospektive Potenzen«, die wir als Neues schufen, und von denen wir erkannten, dass sie nicht ihres Gleichen im Anorganischen hätten.

Es veranschaulicht aber das Getriebe des Wirklichen bedeutend, wenn wir diese Aussagen, in das kurze Wort Entelechie zusammengefasst, sinnlichen Datis, auf die sie sich, in sich untrennbar, beziehen, als elementare Eigenschaften zuertheilen, und zwar als Eigenschaften in Bezug auf Künftiges, als Möglichkeitseigenschaften.

Wer die Konstanten der Physik zulässt und durch sie den kritisch-philosophischen Rahmen der Naturwissenschaft nicht gefährdet sieht, der muss auch unsere Entelechien zulassen. Die Konstanten der Physik sind Kunstbegriffe, die geschaffen wurden, um den Wechsel der temporären Eigenschaften in Gesetze, in »Konstantes« zu bannen; dasselbe sind unsere biologischen Konstanten.

An mechanische Analogien, diese gefährlichste Klippe aller Naturwissenschaft, darf natürlich nicht gedacht werden, wenn es von unseren »intensiven Mannigfaltigkeiten« heißt, dass sie bei ihrer Theilung ganz blieben.

Man soll sich hier überhaupt gar nichts »vorstellen«.

Unser Ausdruck besagt nur, dass gewisse Dinge, obschon sie sich theilen, doch aus jedem ihrer Theilprodukte dasselbe komplexe Geschehen hervorgehen lassen können, ein Geschehen, für das eben

---

1) Es giebt im Anorganischen außer den Konstanten noch andere »Wirklichkeiten zweiten Grades«, d. h. Kunstschöpfungen in Bezug auf Potentielles, erfunden zur geistigen Bewältigung der Naturphänomene. Auch mit ihnen rechnet das praktische Leben. Alles, was sich an den Begriff der »potentiellen Energie« anschließt, gehört hierher (Potential, Distanzenergie etc.). Man vergleiche hierzu Dühring, Gesch. d. Mech. 3. Aufl. pag. 451/4. Eine nähere Diskussion dieser Dinge, welche auf den »Eigenschaftsbegriff« einzugehen hätte, gehört nicht hierher; bemerkt sei nur, dass uns das »Potentielle« in der neueren »Energetik« dringend der begrifflichen Aufhellung bedürftig erscheint und nicht gerade das Klarste an ihr ist.

wegen dieser das Ganze nicht störenden Theilung, jede Realzerlegung in Einzelnes, trotz möglicher begrifflicher Gliederung, unmöglich ist.

Die individuellen Bedürfnisse sind hier vielleicht verschieden: mich befriedigt es, mir die Stellen des Raumes, insbesondere der Materie, an denen erfahrungsgemäß in ihrer Elementargesetzlichkeit erkannte Geschehnisse stattfinden können, durch Begriffe, welche eben diese Gesetzlichkeit erschöpfend ausdrücken, gleichsam in intensiver Hypostasenform, gekennzeichnet zu denken; unterbliebe solches, so würde ich es als eine Lücke im Weltbild empfinden. Wer aber hier anders denkt, mag auch anders vorgehen. Nur die kritische Grundlage muss dieselbe, unmetaphysische bleiben; alle Atomistik und aller »Realismus« ist streng zu verbannen.

Kapitel III.

Vom Begriff der Denknothwendigkeit.

Dass mein Nachweis einer Autonomie gewisser Lebensphänomene, d. h. in üblicher Redeweise der Nachweis eines »vitalistischen« Charakters derselben, vielen, wenn nicht den meisten Lesern dieser Schrift ein starkes Unbehagen verursachen wird, dessen bin ich mir vollkommen bewusst.

Ich bin mir aber auch bewusst, dass dieses Unbehagen der meisten meiner Leser auf nichts Geringerem beruht als auf einem fundamentalen erkenntnistheoretischen Irrthum, mögen sie sich des Inhaltes dieses Irrthums voll bewusst sein oder nicht.

Jeder, den mein Bestreben in allgemeiner Weise unsympathisch berührt, ist nämlich in einer falschen Ansicht über den Begriff der Nothwendigkeit des Denkens, also um mit Kant zu reden, des Apriori, bewusst oder unbewusst befangen.

Jenes Unbehagen nämlich rührt daher, dass der von ihm Eingenommene meint, es könne kein anderes als physikalisch-chemisches, wohl gar als mechanisches Geschehen geben. —

So darf ich denn wohl eine kurze Betrachtung dem Begriffe der Denk-Nothwendigkeit widmen.

Schopenhauer hat am tiefsten die Einheit alles »Nothwendigen« erkannt: mag es »vier Wurzeln« des Satzes geben, je nach seiner

Beziehung auf Ursächliches, Logisches, Mathematisches, Gewolltes, er bleibt der »Satz vom Grunde«.

Es lag in dieser Erkenntnis ein entschiedener Fortschritt über Kant hinaus, ein Fortschritt, der von den Neueren[1]) meines Erachtens viel zu wenig beachtet worden ist.

Vom Standpunkt des strengen subjektiven Idealismus (Solipsismus) aus nämlich, den die neuere theoretische Philosophie, in konsequentem Weiterdenken Kant'scher Gedanken, als einzigen logisch möglichen Ausgangspunkt alles Philosophirens immer schärfer erkannt hat, ist das Kant'sche Apriori in der ursprünglichen Fassung seines Urhebers nicht mehr so ganz am Platze, da das »Ding an sich« eliminirt ward[2]).

Trotzdem besitzt der wesentliche Inhalt des Apriori-Begriffs nach wie vor seine fundamentale Bedeutung, und er thut es eben in Form des allgemeinen Begriffs der Nothwendigkeit und zwar, in allgemeinster Form, der Nothwendigkeit für das Denken.

Denknothwendig (»a priori«) ist, wovon das kontradiktorische Gegentheil nicht gedacht werden kann, also z. B. dass jede Veränderung eine Ursache habe, dass jedes Ding in Zeit und Raum sei und eine Qualität habe, und vielleicht Einiges mehr.

»Denknothwendig[3])« bedeutet hier: was auch alles für Erfahrungen ich noch machen werde, ich weiß mit vollkommener, von keinem Zweifel getrübter Sicherheit, dass sie sich dem Schema Ursache-Wirkung, Zeit, Raum etc. fügen werden.

In diesem logischen (nicht temporalen) Sinne ist Denknothwendiges in der That »vor aller Erfahrung« und darf also das Wort a priori auch von der strengsten »immanenten Philosophie« angewendet werden.

Eigentlich definirbar ist der allgemeine Begriff des »Nothwendigen« natürlich nicht, er selbst ist »nothwendig«, das zeigt sich schon in seiner Verwendung als Oberbegriff für einzelne Nothwendigkeitsarten.

---

1) Die meisten der Neueren lieben den Begriff der Nothwendigkeit, des Apriori, so wenig wie das »Ich«, und jedenfalls wird ja eine Erkenntnistheorie ohne ihn viel bequemer — freilich bleibt sie dann unvollständig (vgl. auch pag. 165f.); Mach, Ziehen, Avenarius, Kaufmann bieten Beispiele für das Gesagte. — Besonders klar dagegen sind die Ausführungen über unsere Frage von Schuppe.

2) Vgl. hierzu die Anm. 2 auf pag. 166. — Leider war, wie das nun einmal im Individuum liegt, keiner der Nachfolger Kant's, nicht einmal Schopenhauer, ja nicht einmal der »spätere« Kant selbst, in sich »konsequent«; konsequent erscheint nur der allgemeine Denkverlauf.

3) Das Wort Denknothwendig ist nicht ganz korrekt; die beabsichtigte Kürze dieses Exkurses mag seinen Gebrauch rechtfertigen.

Er ist ebensowenig definirbar wie das »Ich«. —

Doch was haben alle diese Erwägungen mit meinem Bestreben zu thun, meine Leser von einem Unbehagen zu befreien, das ihnen die Lektüre meiner Schrift verursacht haben möchte?

Diese Erwägungen sollen ihnen ins Gedächtnis zurückrufen, dass nothwendig nur allgemeine Formen und Normen des Anschauens und Denkens sind, nicht der Inhalt desselben.

Wer aber die Autonomie der Lebensphänomene desshalb ablehnt oder sich durch ihren Nachweis desshalb unangenehm berührt fühlt, weil mit dieser Autonomie etwas Neues, Grundsätzliches neben die Physik und die Chemie gestellt ist, der begeht bewusst oder unbewusst den Fehler, einen bestimmten Inhalt der Erfahrung für nothwendig, für »nicht anders sein[1]) könnend« zu erklären, nämlich den physikalisch-chemischen oder gar den mechanischen.

Würden sich diejenigen meiner Leser, die so denken oder auch nur »fühlen«, ganz klar machen, was das bedeutet, was sie da gedacht oder gefühlt haben, so würden sie vielleicht vor ihren Gedanken erschrecken: es bedeutet nämlich nicht viel Anderes als die Annahme »angeborener Ideen«, deren Beseitigung doch wohl schon Locke gelungen ist.

Wer also die Existenz angeborener Ideen verwirft, der ist verpflichtet, die Lehre von der Autonomie der Lebensphänomene mindestens sine ira et studio zu prüfen.

Kapitel IV.

Die Autonomie der Lebensvorgänge und der Begriff der nothwendigen Verknüpfung (Causalität).

Dass die im Vorigen bekämpfte unbereechtigte Abneigung gegen »den Vitalismus« bei Vielen besteht, weiß ich aus leider allzu reicher Erfahrung.

Es giebt aber noch eine andere Klasse Solcher, denen die Annahme einer Autonomie der Lebensvorgänge Bedenken verursacht. Sie denken, dem Begriff der nothwendigen Verknüpfung, der Causalität, werde mit ihr nicht Genüge geleistet. Diese Gegner meiner Doctrin handeln nicht aus Irrthum, sondern aus Missverständnis.

---

1) Die Bedeutung des Wortes »sein« wird man hier verstehen: sein = mögliches Element meines Bewusstseinsinhaltes sein.

Indem wir uns anschicken, ihr Missverständnis aufzuklären, ist zunächst ein leider sehr verbreiteter Missbrauch zu rügen: der Missbrauch der Anwendung zu weiter Begriffe und einer falschen Anwendung des Wortes Mechanismus.

Es ist eine weit verbreitete Unsitte, das Wort »Mechanismus« anzuwenden, wenn man nichts Anderes meint als nothwendige Verknüpfung, Causalität. Von allem Anfang an wird durch solchen Missbrauch die gegenseitige Verständigung in arger Weise erschwert.

Wer also sagt, er habe mit der Aussage: »das Leben sei Mechanismus« nur sagen wollen, dass die Lebensphänomene in nothwendiger Abfolge verliefen, den trifft zwar nicht der im vorigen Absehnitt ausgesprochene Vorwurf. Wohl aber muss ihm vorgeworfen werden, dass seine Ausdrucksweise unkorrekt war, dass sie ferner viel zu weit war, um überhaupt etwas für den vorliegenden Zweck Wesentliches auszusagen, und dass sie endlich unsere Stabilirung einer Lebensautonomie gar nicht berührt.

Den zweiten und dritten dieser Vorwürfe beleuchten wir jetzt des Näheren; beide hängen zusammen.

Wenn ausgesagt wird, das »Leben sei Mechanismus«, in der Meinung, dass seine Phänomene in nothwendiger Abfolge verliefen, so ist damit nichts weiter gesagt, als dass die Lebensphänomene Weltgeschehen seien, und das wussten wir wohl schon vorher.

Alles Weltgeschehen nämlich muss nach nothwendiger Abfolge, nach »Causalität«, verlaufen; eben dieses zu denken ist nothwendig. Wir stehen hier, wie schon im vorigen Abschnitt angedeutet — (auch hier kann es nicht mehr als bloß angedeutet werden) — vor dem einen der Ausgangsbegriffe[1]) allen Philosophirens, dem Nothwendigkeitsbegriff in seinen verschiedenen Graden: das nothwendige Geschehen ist denknothwendig.

Die Aussage: »die Lebensphänomene verlaufen causal«, in falscher Fassung: »das Leben ist Mechanismus«, ist also eine viel zu weite Aussage, sie ist selbstverständlich, daher für die besondere wissenschaftliche Disciplin, in der sie angewendet wird, bedeutungslos.

Uns erscheint ein derartiges Hantiren mit zu weiten, nichtssagenden Begriffen als einer der größten Fehler, den ein Forscher begehen kann; schon oben (pag. 168 f.) verwahrten wir uns dagegen, den Begriff der Teleologie in allgemeiner, nicht viel besagender Fassung

1) Der andere ist das »Ich«. Auf den Begriffen »Ich« und »Nothwendig« ruht alle Philosophie.

anzuwenden. Die Anwendung dieses Begriffes hat immerhin noch einen, wennsehon nur deskriptiven, so doch die Gesammtheit der Lebenserscheinungen in Sonderheit umfassenden Sinn; viele andere beliebte allzu allgemeine Aussprüche können aber nur der Verbreitung eines Scheinwissens Vorschub leisten; sie machen das Gebiet der Wissenschaft zum Tummelplatz der Phrase[1]). —

Mit dem Nachweise, dass jede emphatische Verkündigung des causal-nothwendigen Charakters der Lebensphänomene recht überflüssig ist, weil sie nämlich Selbstverständliches aussagt, haben wir gleichzeitig dargethan, dass unsere speciellen Ausführungen über die Autonomie gewisser Lebensphänomene durch derartige Aussagen gar nicht berührt werden. Eben desshalb ist das der Fall, weil eine nicht causal-nothwendige Lebenstheorie überhaupt undenkbar ist.

Hierdurch sind nun alle gleichsam als populär zu bezeichnenden

---

1) Hierher gehört z. B. VERWORN's »Leben ist Bewegung«. Die hierdurch gewonnene »Einsicht« in Bezug auf das Leben ist — von anderen Bedenken abgesehen — gerade so groß, wie es das Verständnis KANT's fördert zu sagen: »KANT war ein Wirbelthier«. Ja sie ist nicht einmal das!

Auch K. HAUPTMANN liebt, in seinem in Hinsicht kritischer Darstellung der Hirnphysiologie so trefflichen Buche »Die Metaphysik in der modernen Physiologie«, allzu allgemeine Aussprüche mehr als wünschenswerth, ist überhaupt in allgemein begrifflicher Hinsicht nichts weniger als klar.

Obwohl sein Buch unsere Ausführungen nicht gerade unmittelbar berührt, erscheint es mir doch von Nutzen, die wesentlichsten der Punkte aufzuzählen, in denen HAUPTMANN die nöthige begriffliche Klarheit vermissen lässt:

a) Die Annahme einer »Seele«, für unsere Zwecke: einer Autonomie gewisser Lebensphänomene, soll dem Energiegesetz widerstreiten. — Uns scheint, das habe gar nichts mit einander zu thun.

b) H. verwechselt fortgesetzt die Begriffe »nothwendig« und »mechanisch«; am ärgsten tritt solches hervor, wenn er sogar den Begriff der Regulation »mechanisch« nennt.

c) Seine positiven Aussagen sind viel zu allgemein, um irgend etwas zu bedeuten. Dass die Organismen »Systeme körperlicher Processe« seien, ist eine gar nichts besagende Phrase. Hier konkurrirt HAUPTMANN mit VERWORN, ZIEHEN u. A.

Er redet stets nur von »Abhängigkeit« innerhalb der Lebensphänomene. Von dieser aber sind wir ja a priori überzeugt. Dass es auf die Art der Abhängigkeit ankommt, dass hier das ganze vitalistische Problem (auch das Problem der sogenannten »Seele«) einsetzt, übersieht er. Seine Aussagen sind wie eine Physik, in der nur das Funktionszeichen $f(\ldots)$ vorkommt, aber nie eine besondere Funktion. Auf pag. 387 scheint er doch etwas in dieser Richtung zu bemerken, denn er redet plötzlich von »einer noch unerkannten höheren Gesetzmäßigkeit der Körperwelt«. Aber warum dann alles Vorige?

An anderem Orte werden wir auf weitere Äußerungen HAUPTMANN's zurückzukommen haben.

Missverständnisse und Unklarheiten hinsichtlich des »Vitalismus« im Princip erledigt. —

So können wir uns denn wichtigeren, positiven Ausführungen zuwenden, nämlich einer etwas eingehenderen Darlegung des Verhältnisses, in welchem unsere Lebensautonomie zum allgemeinen Begriff der nothwendigen Verknüpfung steht, wie sie sich ihm unterordnet. Dass sie sich ihm unterordnen muss, ist eben selbstverständlich.

Wir können uns hier aus zwei Gründen kurz fassen: einmal ist alle Begriffskritik in dieser Arbeit nicht Selbstzweck, sondern nur Erläuterung naturwissenschaftlicher Aussagen, und zum Anderen ist alles Wesentliche in Bezug auf die Unterordnung von Lebensspecialgesetzen unter den Causalitätsbegriff in meiner »Lokalisation« in vorläufig hinreichender Weise dargelegt worden.

In der »Lokalisation« war der Beweis für die Autonomie gewisser Entwickelungsphänomene ausdrücklich gesondert in »causaler« und in »funktionaler« Form geführt worden; in ersterer Form stand die Diskussion des Begriffs der »Antwortsreaktion« im Vordergrund des Interesses, jener Reaktionsart nämlich, bei der die Specifität des Effektes auf Basis einer unbestimmt großen Gesammtheit von Potenzen durch die Ursache, aber nicht, wie im Mechanischen, ihr gleichend, bestimmt wird[1]). Wir haben uns bei der Wiederaufnahme des Beweisverfahrens in dieser Schrift nur an die funktionale Beweisart gehalten, da wir uns nicht im Einzelnen wiederholen, vielmehr nur einige neue fundamentale Begriffe, vorwiegend den Begriff der »Entelechie« einführen wollten. Das thut für die jetzt folgende ganz allgemeine Betrachtung nichts zur Sache.

Um alle Misverständnisse in dieser Richtung nochmals auszuschließen, bemerken wir zunächst hier wieder, dass unser den Begriff der »Entelechie« zeitigender »Vitalismus« keine deskriptive Teleologie ist. Eine solche deskriptive Teleologie, die eigentlich nur immer von dem Erfolg von Vorgängen redet, anstatt von den

---

1) Der Begriff der »Antwortsreaktion« ist der schroffste Gegensatz zu der sogenannten »specifischen Energie« (der Sinnesnerven oder Centren), welche besser determinirte Potenz hieße, und deren Existenz vielleicht nur eine scheinbare ist. — Ich wies schon früher darauf hin [»Lokalisation« pag. 97 f.], dass die Begriffe der prospektiven Potenz etc. von solcher Allgemeinheit sind, dass sie auf die Erscheinungen der Entwickelungs- und der Hirnphysiologie gleichermaßen anwendbar sind. — Des Näheren wird auf diese Fragen an anderem Orte von mir eingegangen werden.

Vorgängen selbst, vertrat ich früher, z. B. in der »Analytischen Theorie«, sie vertritt im Grunde auch Cossmann[1]), und wohl, wenn ich ihn recht verstehe, auch Albrecht[2]). Für diese Art der Anschauung sind causale und teleologische Auffassung Parallelbetrachtungsweisen einer und derselben »Sache«.

Eben dass diese teleologische Deskription nicht ausreicht, glaube ich durch meine zwei Beweise der Autonomie von Lebensgeschehnissen gezeigt zu haben: eine neue nothwendige Verknüpfungsart von Weltgeschehnissen lehren jene Beweise kennen. Damit aber wird meine Teleologie, die ich im Gegensatz zu jener »statischen« auch als »dynamische« Teleologie bezeichnet habe[3]), zu etwas Anderem als einer bloßen »Betrachtungsart«, die einer anderen »parallel« ginge, damit fällt der ganze Begriff der Parallelbetrachtung:

Das Causale selbst ist teleologisch.

Was heißt das nun? Dass der alte Begriff der sogenannten »Causa finalis« kritisch unhaltbar ist, zeigte ich schon früher und will es nicht wiederholen.

Wo denn liegt bei meiner Auffassung innerhalb des Causalen das Teleologische?

Unsere Ausführungen über Konstanten, im Abschnitt Physik — Chemie — Biologie, geben uns den Schlüssel zur Beantwortung dieser Frage.

Die »Entelechie«, eine »intensive Mannigfaltigkeit«, welche die Konstante unserer autonomen Vorgänge bedeutet, ist es, welche »das Teleologische« in sich trägt. Damit aber liegt, ganz allgemein gesprochen, das Teleologische in den »Bedingungen des Systems«, ebenso wie an einer Maschine die specifische Wärme irgend eines Theiles zu den »Bedingungen« des Systems gehört, von denen etwaige Effekte abhängen. Der falsche Begriff der »Causa finalis« wird durch den zulässigen der Conditio finalis ersetzt; die Enteleehie ist Conditio finalis.

An sich entwickelnden, sich regulirenden Organismen sind also gewisse Theile so geartet, durch gewisse Enteleehie-Konstanten elementar in solcher Weise charakterisirt, dass bei Ingangsetzung des in Frage stehenden Proeesses — (den wir uns, um das strikte Causalschema zu wahren, vorher etwa durch Temperaturerniedrigung

1) »Elemente der empirischen Teleologie«. Stuttgart 1899.
2) »Vorfragen der Biologie«. Wiesbaden 1899.
3) »Lokalisation« pag. 102 f.

sistirt denken mögen) — jenes in jedem Fall typische, die Proportionalität wahrende Resultat herausspringt.

In dieser Weise also ist im Biologischen das nothwendig-verknüpfte (»causale«) Getriebe durch einen seiner Faktoren zugleich teleologisch. In den »intensiven Mannigfaltigkeiten«, diesen Grundsteinen unserer Beweisführung, liegt das Teleologische; in ihnen nämlich liegt das Effektbestimmende, wie ja alle Konstanten die eigentlichen Effektbestimmer sind[1]).

Aber umgekehrt ist in dieser Weise auch im Biologischen das teleologische Getriebe zugleich nothwendig verknüpft; in den »intensiven Mannigfaltigkeiten« liegt auch das Causale, sie sind die nothwendigen Effektbestimmer.

Was uns vom dogmatischen Materialisten unterscheidet, ist also nicht eine andere Auffassung über die Nothwendigkeit der Naturvorgänge, sondern ist dieses: dass wir die Bedingungen zu dieser Nothwendigkeit als intensive Größen denken, während der Dogmatiker meint, sie als extensive Größen, als ein Nebeneinander von Einzelbedingungen im Raum, denken zu müssen.

Auch nach unserer Ansicht also könnte ein »LAPLACE'scher Geist« bei vollständiger Kenntnis des Zutandes des gesammten Weltsystems zu einer bestimmten Zeit t alle folgenden Zustände als nothwendige vorhersehen und vorhersagen — nur würde zu jener vollständigen Kenntnis eben die Kenntnis aller Konstanten des Systems und ihrer Vertheilung, also auch die Kenntnis aller Entelechie-Konstanten, gehören; an Stelle der Kenntnis dieser Konstanten glaubt der Materialist fälschlich die Kenntnis von Bedingungsgleichungen für Bewegungen von Punkten (Körpereentren) setzen zu können[2]).

---

1) Hiermit steht nicht in Widerspruch, dass bei Antwortsgeschehen der jedesmalige Specialeffekt von der Ursache abhängt; er geschieht doch stets im Gesammtrahmen der Konstanten, der Entelechie. Die Entelechie ist eben eine intensive Mannigfaltigkeit, keine logisch einfache Größe wie die Konstanten der Physik. Die sie kennzeichnende prospektive Potenz ist zwar indeterminirt, aber darum nicht absolut unbestimmt: so kann der Effekt durchaus von der Ursache und doch auch von den »Bedingungen« abhängen. Man denke hier an die mathematischen Symbole ∞^1, ∞^2 etc.

2) Es ist lehrreich, hierzu die Einleitung zu Hertz' »Mechanik« zu vergleichen. Die Begriffe der »verborgenen Massen« und der »verborgenen Bewegung« sind typische Äußerungen des nur mit extensiven Mannigfaltigkeiten operirenden Materialismus im Gebiete der Physik.

Unsere freie Begriffsbildung ist also unsere eigentliche Hilfsquelle, sie zugleich ist unser eigenstes Eigenthum.

Sollte nun hier Jemand bemerken, dass vorstehende Ausführungen zwar prinzipiell richtig, dass sie aber nicht erschöpfend seien, dass sich aus dem Begriffe der »intensiven Mannigfaltigkeit« und seiner Rolle im nothwendig verknüpften Geschehensgetriebe noch weitere wichtige Begriffe gleichsam »herausholen« ließen, so wäre ich der Letzte, das zu leugnen. Freilich liegen manche Begriffe und Naturkriterien im Begriffe der intensiven Mannigfaltigkeit gleichsam vergraben; gewisse nothwendige Kennzeichen der »Enteleehie«, die sogar einen vielleicht zur Zeit nicht einmal in seiner ganzen Tragweite geahnten Durchbruch der üblichen naturwissenschaftlichen Begriffslehre bedeuten, sind bisher unausgesprochen — sie mögen es in dieser Schrift bleiben, denn sie wären nicht geeignet, das Verständnis des hier Besprochenen zu fördern.

Dass die »Autonomie der Lebensphänomene« der allgemeinen nothwendigen Verknüpfung, der »Causalität« des Geschehens untersteht, als ein neuer Specialfall derselben, das könnte gezeigt werden auch ohne noch weiter getriebene Analyse unserer neuen Begriffe.

Kapitel V.

Naturwissenschaftliche Methoden. — Das Allgemeine in der Morphologie.

Drei Wege sind es, auf denen die Bildung theoretischer Naturwissenschaft versucht werden kann und in der That versucht worden ist.

Der erste Weg: man geht aus von einem anderen, in seinen Grundzügen bekannten Wissensgebiet und versucht das neue Gebiet als Specialfall jenes zu begreifen, man wendet also die Errungenschaften des alten Gebietes hypothetisch auf das neue an.

In der Einzelforschung kann dieses Verfahren seinen Vortheil und seine Erfolge haben; es zeigt dann gewisse Erscheinungen des neuen Gebietes als nicht-specifisch Neues auf, es »eliminirt« sie, um einen vor Jahren[1]) verwendeten Ausdruck wieder zu gebrauchen. Berthold, Bütschli, Dreyer, Rhumbler u. A. haben der Biologie

1) Entw.-mech. Studien VI. Zeitschr. wiss. Zool. 55. 1893. pag. 49.

wichtige Beiträge in diesem negativen Sinne geliefert. Wichtig und schätzenswerth sind diese Beiträge, weil sie exakt sind.

Sucht aber eine Gesammttheorie für ein neues Gebiet vorzugehen wie angedeutet, indem sie alte Kenntnisse anwendet, also a priori für anwendbar, für allein anwendbar hält, dann verfällt sie allen Gefahren des Dogmatismus. Ein gutes, weil sorgfältiges und ernstes Beispiel für dieses Vorgehen im Großen bietet das theoretische Werk von Kassowitz. Wir haben es als leistungsunfähig nachgewiesen (pag. 148f.). Als großes Ganzes gedacht ist aber die dogmatische Methode in der Wissenschaft noch viel mehr als leistungsunfähig, nämlich fortschrittshemmend.

Der erste Weg theoretischer Wissenschaft darf also nur von der Specialforschung, und da nur mit Vorsicht begangen werden.

Der zweite Weg: man macht sich ein künstlich konstruirtes Bild des neuen Gebietes mit Hilfe der Begriffe und Data eines bekannten.

Diese Methode ist harmlos, wenn man sich des analogienhaften Charakters jenes Bildes bewusst bleibt, sie wird metaphysisch im ärgsten Sinne, wenn das Bild für »wirklicher« als die Wirklichkeit gehalten wird.

Beispiele: die atomistische und molekulare Physik und Chemie, die Äthertheorie, Wiesner's Plasomen, Weismann's Ansichten etc. etc.

In neuerer Zeit ist der Geschmack selbst an der harmlosen Form dieser Art des Theoretisirens immer mehr in Abnahme gekommen (Mach, Ostwald, Paul du Bois-Reymond).

Der dritte Weg: Man studirt exakt, wo es angeht, experimentell das neue Gebiet unvoreingenommen als etwas Neues und schafft analytische und synthetische Kunstbegriffe, wie das »Neue« es fordert. In scharf gefassten, nicht weiter zergliederbaren Aussagen über solche Kunstbegriffe hat man dann Naturgesetze; der Vergleich mit den Gesetzen anderer Gebiete zeigt, ob sie neu sind oder nicht. Auch im ersteren Falle können logische Vergleiche der neuen Begriffe mit Begriffen älterer Gebiete ihren Werth haben.

Diese Methode befolgt die reine, unmetaphysische Physik und die neuere Chemie. Wir haben versucht, sie in dieser und in einer früheren Studie zu befolgen.

Der dritte unserer Forschungswege ist natürlich nur gangbar, so weit es sich in einem Wissensgebiet überhaupt um allgemeine

Vorgänge, unter die subsumirt werden kann, handelt, denn nur dann können allgemeine Begriffe und allgemeine Gesetze in ihm geschaffen werden.

In der Morphologie der Organismen ist er daher nur für einen Theil derselben gangbar, nämlich nur für denjenigen, welcher über Formentstehung an und für sich, hinsichtlich der Zeit, des Ortes und der Beziehungen handelt, d. h. über allgemeine Formbildung.

Die Systematik dagegen hat gerade im Speciellen der Formbildung ihr eigentliches Objekt. Es braucht nicht gesagt zu werden, dass sie zur Zeit nicht einmal eine Ahnung des Weges, auf dem sie dieses Objekt begreifen könnte, geschweige denn diesen Weg selbst, d. h. eine Methode[1]), besitzt. Was aber »begreifen« hier heißen könnte, ist im § 6 meiner »Biologie« ausgeführt.

Hierdurch ist nun auch die merkwürdige Thatsache verständlich gemacht, wie es komme, dass überhaupt die Morphologie, welche doch eine Wissenschaft von Formen, d. h. von Raumspecifitäten ist, allgemeine Urtheile aussagen, nicht nur allgemeine Kollektivbegriffe schaffen könne.

Sie kann es, wie gesagt, wenn sie Zeit, Örtlichkeit und Beziehungen der Formtheile ohne Rücksicht auf ihre Specifitäten im einzelnen Fall in ihren Kreis zieht.

Schluss.

Wir sind am Ende unserer Betrachtungen angelangt, denn nur »Vorbereitungen« zu einer Theorie des Lebens sollte diese Abhandlung bieten.

Daher leisten wir auf eine weitergehende erkenntniskritische Analyse unserer »intensiven Mannigfaltigkeiten«, namentlich ihrer Beziehungen zum Materienbegriff und auf eine, wie uns dünkt, sehr nothwendige Analyse eben dieses letzteren, hier Verzicht. Auch soll, was mit dem Angedeuteten zusammenhängt, nichts über jenes engere Problem gesagt sein, wie denn unsere Entelechien sich zu den sogenannten »materiellen Grundlagen« der Vererbung stellen.

---

1) Was sich hier alles »Methode« nennt, ist beleuchtet von mir im Biol. Centr. Bd. 19 1899, in meiner Schrift: »Von der Methode der Morphologie«.

Unsere Aufgabe war es, die organischen Regulationen zu studiren, und aus diesem Studium so viel zu lernen, wie möglich war. Das ist geschehen.

Gelernt haben wir als Wichtigstes einen zweiten Beweis des Vitalismus, neben einer Erweiterung und Verbesserung des ersteren, früher von uns mitgetheilten.

Gewonnen ist dieser zweite Beweis auf Grund von Thatsachenmaterial, das noch viel längere Zeit als jene dem ersten Beweis zu Grunde liegende Fakten offen dargelegen hatte für Jedermann, das aber, wie leider so vieles Material im Biologischen, bisher vergebens der analytisch-kritischen Verwerthung geharrt hatte. —

Der »Vitalismus« wird nunmehr von einem Aphorisma zu einer Lehre.

Des Näheren auszuführen, worin sich unser »Vitalismus« von der früheren Ansicht gleichen Namens unterscheidet, erscheint uns überflüssig. Es genügt zu bemerken, dass unsere Vorgänger, von Blumenbach und Johannes Müller bis zu Pflüger's »teleologischer Mechanik« (wenn mit ihr nicht nur eine kollektivistische Deskription beabsichtigt war), und bis zu Bunge und G. Wolff, das Richtige zwar erkannten und aussagten, es aber nicht zwingend beweisen konnten, wesshalb ihre Aussagen auch der analytischen Form ermangeln [1]).

Übrigens sei nicht unterlassen zu bemerken, dass jener Fall, dessen Studium Wolff die feste Überzeugung des »Vitalismus« gewinnen ließ, thatsächlich einen wirklichen Beweis für ihn darstellt: ein äquipotentielles System mit expliciten Potenzen für Komplexes liegt nämlich in der die Linse restituirenden Iris des Triton vor.

Damit beweist jener Fall, aber erst damit beweist er. Wenn Wolff jene Fähigkeit der Iris, im Gegensatz zu den »angezüchteten« Einrichtungen im Sinne des Darwinismus, als »primäre Zweckmäßigkeit« bezeichnete, so war damit nur die eminent teleologische Seite des Vorganges aufgezeigt, es war aber gar nichts darüber ausgesagt, ob er sich physikalisch-chemisch auf Basis einer »gegebenen« maschinenartigen Harmonie, oder ob er sich nach selbsteigener Gesetzlichkeit abspiele. —

Wie sich unser »analytischer Vitalismus« dem allgemeinen

---

1) Das gilt auch z. B. von der Abhandlung Lasson's »Der Leib«, obwohl sie sich theilweise nahe mit von uns gewonnenen Resultaten berührt.

Inhalt nach mit den Ansichten mancher, obschon weniger, Forscher der Gegenwart und jüngsten Vergangenheit berührt, so arbeitet er im Einzelnen mit einigen Begriffen, welche sich an Begriffskonceptionen des ARISTOTELES eng anlehnen.

Hierdurch wird es uns denn recht deutlich zum Bewusstsein geführt, in wie engen Grenzen sich menschliches Wissen überhaupt bewegt: zwar wissen wir heute sehr vieles Einzelne vom Leben, was die Alten nicht wussten, aber das Beste und Werthvollste, was wir heute vom Leben wissen, das ahnte auch schon jener große Hellene.

Freilich beweisen konnte auch er, trotz seiner zum Theil noch für uns brauchbaren Begriffe, die Selbstgesetzlichkeit der Lebensgeschehnisse nicht, und so mag denn am Schlusse, auf dass nicht das Alterthum auf Kosten der Gegenwart gar zu sehr erhoben erscheine, jene Schöpfung der modernen Naturwissenschaft genannt sein, der wir es verdanken, dass wir die Autonomie der Lebensvorgänge für gewisse Fälle beweisen konnten: das analytische naturwissenschaftliche Experiment.

Als letztes aber sei der mit Vorliebe von uns verwendete Ausdruck: Autonomie der Lebensvorgänge, an Stelle jenes schulenmäßig klingenden, vieldeutig gebrauchten Wortes »Vitalismus«, der allgemeinen Annahme zur künftigen Verwendung empfohlen.

Litteraturverzeichnis.

[Die eingeklammerten Nummern des Textes beziehen sich auf die Nummern dieses Verzeichnisses.]

Zu A. I. 1 u. 2 (Elektion, Hunger, O-Mangel etc.).

Wichtigste kritische Grundlage:

W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie I. Leipzig 1897. Citirt als [Pfeffer, pag. . . .].

(Ein eingehendes Studium dieses Werkes ist zur Erweiterung des im Text Gesagten dringend zu empfehlen.)

1) Fröhlich, I., Das natürliche Zweckmäßigkeitsprincip in seiner Bedeutung für Krankheit und Heilung. Berlin-Neuwied 1894.

2) Herbst, C., Über die zur Entwickelung der Seeigellarven nothwendigen anorganischen Stoffe, ihre Rolle und ihre Vertretbarkeit. II. Theil. Die Vertretbarkeit der nothwendigen Stoffe durch andere ähnlicher chemischer Natur. Arch. Entw.-Mech. XI. 1901. (Hier auch fremde Angaben und Besprechung der einschlägigen botanischen Litteratur.)

3) Hermann, L., Lehrbuch der Physiologie. 11. Aufl. Berlin 1896.

4) Pfeffer, W., Über Elektion organischer Nährstoffe. Jahrb. wiss. Bot. 28. 1895.

5) Unverricht, Kritische Bemerkungen zur Fieberlehre. Deutsche medic. Wochenschrift 1888. Nr. 37/38.

Zu A. I. 3 (Giftimmunität).

Zusammenfassende Werke:

1) Buchner, H., Verschiedene Abhandlungen in der Münchener medicinischen Wochenschrift; z. B. 1894, 1899 etc. etc.

2) Dieudonné, A., Schutzimpfung und Serumtherapie. Leipzig 1900.

3) Metschnikoff, E., »Immunität« in Handbuch der Hygiene (auch separat). Jena 1897.

Ferner:

4) Davenport, C. B. and Castle, W. E., On the Acclimatization of Organisms to High Temperatures. Arch. Entw.-Mech. 2. 1895 (hier weitere Litteratur).

5) Davenport and Neal, H. V., Acc. of Org. to poisonous Chemical Substances. Ebenda. 2. 1896.

6 Loeb, J., Über die Entwickelung von Fischembryonen ohne Kreislauf. Pflüger's Archiv 54. 1893.

Zu A. II. 1 u. 2 (Osmose, Durchlässigkeit etc.).

Grundlage für das Botanische, wie oben:

Pfeffer, Pflanzenphysiologie; viele wichtige Bemerkungen und Hinweise bezüglich des Zoophysiologischen bei Bunge, G. v., Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie, Leipzig 1898.

Ferner:

1) Eisig, H., Monographie der Capitelliden. Fauna und Flora. Neapel 16. 1887. pag. 798.
2) Hermann, L., Lehrbuch der Physiologie. 11. Aufl. Berlin 1896.

Zu A. II. 3 (Lichtstimmung und Verwandtes).

Abgesehen von den botanischen Lehrbüchern findet sich eine kritische Zusammenstellung alles Ermittelten bei:

Herbst, C., Über die Bedeutung der Reizphysiologie für die causale Auffassung von Vorgängen in der thierischen Ontogenese. I. Haupttheil. Die Bedeutung der Richtungsreize. Biol. Centr. 14. 1894.

Hier findet sich auch ein Verzeichnis aller Litteratur bis 1894, so dass im Folgenden nur besonders wichtige oder neuere Arbeiten erwähnt sind.

1) Czapek, F., Über einen Befund an geotropisch gereizten Wurzeln. Ber. bot. Ges. 15. 1898.
2) Driesch, H., Heliotropismus bei Hydroidpolypen. Zool. Jahrb. Abt. f. Syst. 5. 1890.
3) Goebel, K., Organographie. Theil I. pag. 201.
4) Haberlandt, G., Über die Perception des geotropischen Reizes. Ber. bot. Ges. 18. 1900.
5) Jennings, H. S., The Psychology of a Protozoon. Amer. Journ. of Psychol. 10. 1899 und zahlreiche andere Abhandlungen, meist im Amer. Journ. of Physiology.
6) Leber, Über die Entstehung der Entzündung 1891.
7) Loeb, J. und Groom, T. T., Der Heliotropismus der Nauplien von Balanus perforatus. Biol. Centr. 10. 1890.
8) Loeb, J., Über künstliche Umwandlung positiv heliotropischer Thiere in negativ heliotropische und umgekehrt. Pflüger's Archiv 54. 1893.
8a) —— Beiträge zur Gehirnphysiologie der Würmer. Ebenda 56. 1894.
9) —— Untersuchungen über die physiologischen Wirkungen des Sauerstoffmangels. Ebenda 62. 1895. pag. 287.
10) Metschnikoff, E., Leçons sur la pathologie comparée de l'inflammation. Paris 1892.
11) Němec, B., Über die Art der Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. Ber. bot. Ges. 18. 1900.
12) Noll, F., Über heterogene Induktion. Leipzig 1892.
13) Oltmanns, F., Über positiven und negativen Heliotropismus. Flora 83. 1897; und frühere Arbeiten.
14) Pearl, R., Studies on Electrotaxis I. Amer. Journ. of Physiol. 4. 1900.
15) Pfeffer, W., Die Reizbarkeit der Pflanzen. Verh. Naturforschervers. 1893.
16) Rhumbler, L., Physikalische Analyse und künstliche Nachahmung des Chemotropismus amöboider Zellen. Physikal. Zeitschr. 1899.

17 Strasburger, E., Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärmsporen. Jena 1878.
18 Vöchting, H., Über den Einfluss niedriger Temperatur auf die Sprossrichtung. Ber. bot. Ges. 16. 1898.

Zu A. III (Morphologische Anpassungen an Äußeres).

Alles in der Botanik über »formative Reize« Ermittelte findet sich kritisch dargestellt bei:

Herbst, C., Bedeutung der Reizphysiologie etc. II. Haupttheil. Die formativen oder morphogenen Reize 1. Biol. Centr. 15. 1895. (Hier auch die gesammte Litteratur bis 1895.) Citirt als [H. pag. . . .].

Ferner findet sich, neben anderen Dingen, Vieles für unsere Zwecke bei:

Goebel, K., Organographie der Pflanzen I. Jena 1898. Citirt als [G. pag. . .]

Ferner:

1) Barfurth, D., Versuche über die Verwandlung der Froschlarven. Arch mikr. Anat. 29. 1887.
2 Bitter, G., Zur Anatomie und Physiologie von Padina Pavonia. Ber. bot. Ges. 17. 1899.
3 Brenner, W., Untersuchungen an einigen Fettpflanzen. Flora 87. 1900.
4) Davenport, C. B., Experimental Morphology. I. New York 1897.
5) Doflein, F., Über die Vererbung von Zelleigenschaften. Verh. Zool. Ges. 1900.
6) Driesch, H., Analytische Theorie der organischen Entwicklung. Leipzig. 1894.
7) —— Resultate und Probleme der Entwicklungsphysiologie der Thiere. Erg. der Anat. und Entw. 8. 1899.

Hier weitere Litteratur über »funktionelle Anpassung«.)

8) Herbst, C., Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss der veränderten chemischen Zusammensetzung des umgebenden Mediums auf die Entwickelung der Thiere. I. Zeitschr. wiss. Zool. 55. 1892. II. Mitth. Neapel 11. 1893.
9) —— Über die Regeneration von antennenähnlichen Organen an Stelle von Augen. III. u. IV. Arch. Entw.-Mech. 9. 1899.
10) Hertwig, R., Was veranlasst die Befruchtung der Protozoon? Sitz.-Ber. Ges. Morph. Phys. München 15. 1899.
11) Karsten, G., Die Formänderung von Sceletonema costatum und ihre Abhängigkeit von äußeren Faktoren. Wiss. Meeresuntersuch. N. F. 3. Heft 2. 1898.
12 Klebs, G., Zur Physiologie der Fortpflanzung einiger Pilze. III. Allgemeine Betrachtungen. Jahrb. wiss. Bot. 35. 1900.
13 Klemm, P., Über Caulerpa prolifera. Flora 1893.
14 Küster, E., Beiträge zur Anatomie der Gallen. Flora 1900.
15 Loeb, J., Untersuchungen zur physiologischen Morphologie der Thiere. II. Organbildung und Wachsthum. Würzburg 1892.
16 Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. I. Leipzig 1897.
17 Ray, J., Développement d'un Champignon dans un liquide en mouvement. Comptes rendus 1896. V. 123. p. 907.

18) Vöchting, H., Über Organbildung im Pflanzenreich. I. Bonn 1878.
19) —— Über Transplantation am Pflanzenkörper. Tübingen 1892.
20) —— Über den Einfluss des Lichtes auf die Gestaltung und Anlage der Blüthen. Jahrb. wiss. Bot. 25. 1893.
21) de Vries, H., Intracellulare Pangenesis. Jena 1889.
22) Winkler, H., Über den Einfluss äußerer Faktoren auf die Theilung der Eier von Cystosira barbata. Ber. bot. Ges. 18. 1900.
23) —— Über Polarität etc. bei Bryopsis. Jahrb. wiss. Bot. 35. 1900.

Zu A. IV (Restitutionen).

Vieles Botanische findet sich zusammengestellt bei:
Goebel, K., Organographie der Pflanzen. I. Jena 1898; citirt als [G. pag. ...].

Das zoologische Material ist in reicher Fülle referirt von:
Barfurth, in den »Ergebnissen der Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Seit 1892 liegt jedes Jahr ein Referat vor.

Die folgende Litteraturübersicht beabsichtigt keine Vollständigkeit, ist jedoch so gewählt, dass von ihr aus der Leser unschwer zu einer vollständigen Litteraturkenntnis der verschiedenen Sondergebiete gelangen kann.

---

1) Balbiani, E., Nouvelles recherches expérimentales sur la mérotomie des infusoires 1. Ann. de micrographie 4. 1892.
2) Bardeen, C. R., On the Physiologie of the Planaria maculata, with especial reference to the phenomena of regeneration. Amer. Journ. Physiol. 5. 1901.
3) Barfurth, D., Versuche zur funktionellen Anpassung. Arch. mikr. Anat. 37. 1891.
4) —— Zur Regeneration der Gewebe. Ebenda.
5) —— Die experimentelle Regeneration überschüssiger Gliedmaßentheile bei den Amphibien. Arch. Entw.-Mech. 1. 1894.
6) —— Die experimentelle Herstellung der Cauda bifida bei den Amphibienlarven. 9. 1899.
7) Bateson, W., Materials for the study of Variation. London 1894.
8) Boirivant, A., Recherches sur les organes de remplacement chez les plantes. Ann. sc. nat. Botanique 8. ser. 6. 1898.
9) Carrière, Studien über die Regenerationserscheinungen bei den Wirbellosen. I. Würzburg 1880.
10) Davenport, C. B., Stud. in Morphogen. II. Regeneration in Obelia. Anat. Anz. 9.
10a) Dawydoff, C., Beiträge zur Kenntnis der Regenerationserscheinungen bei den Ophiuren. Zeitschr. wiss. Zool. 69. 1901.
11) Driesch, H., Kritische Erörterungen. II. Zur Heteromorphose der Hydroidpolypen. Biol. Centr. 12. 1892.
12) —— Zur Analysis der Potenzen embryonaler Organzellen. Arch. Entw.-Mech. 2. 1895.
13) —— Die Organisation des Eies und ihre Genese. Ebenda 4. 1896.
14) —— Über einige primäre und sekundäre Regulationen in der Entwickelung der Echinodermen. Ebenda.
15) —— Zur Analyse der Reparationsbedingungen der Tubularia. Vierteljahrsschrift Nat. Ges. Zürich 91. 1896.

16) Driesch, H., Studien über das Regulationsvermögen. 1. Von den regulativen Wachsthums- und Differenzirungsfähigkeiten der Tubularia. Arch. Entw.-Mech. 5. 1897.
17) —— Die Lokalisation morphogenetischer Vorgänge. Ebenda 8. 1899. Auch separat.
18) —— Studien etc. II. Quantitative Regulationen bei der Reparation der Tubularia. Ebenda 9. 1899.
19) —— Studien etc. III. Notizen über die Auflösung und Wiederbildung des Skelets der Echinidenlarven. Ebenda.
20) —— Resultate und Probleme der Entwickelungsphysiologie der Thiere. Erg. d. Anat. u. Entw. 8. 1899 (für 1898).
(Hier vollständige Litteratur über Entwickelungsphysiologie, also über alle »impliciten Regulationen«, und Erörterung aller ihrer Probleme.)
21) Driesch, H., Studien etc. IV. Die Verschmelzung der Individualität bei Echinidenkeimen. Arch. Entw.-Mech. 10. 1900.
22) —— Studien etc. V. Ergänzende Beobachtungen an Tubularia. Ebenda 11. 1901.
23) van Duyne, J., Über Heteromorphose bei Planarien. Pflüger's Arch. 64. 1896.
24) Fraisse, P., Die Regeneration von Geweben und Organen bei den Wirbelthieren. Kassel u. Berlin 1885.
25) Friedlaender, B., Über die Regeneration herausgeschnittener Theile des Centralnervensystems von Regenwürmern. Zeitschr. wiss. Zool. 60. 1895.
26) Goette, A., Über Entwicklung und Regeneration des Gliedmaßenskelets der Molche. Leipzig 1879.
27) Haase, H., Über Regenerationsvorgänge bei Tubifex rivulorum. Zeitschr. wiss. Zool. 65. 1898.
28) Haberlandt, G., Über experimentelle Hervorrufung eines neuen Organs bei Conocephalus ovatus. Festschr. Schwendener. Berlin 1899.
29) Hargitt, C. W., Recent Experiments on Regeneration. Zool. Bull. 1. 1897.
30) Hartlaub, C., Über Reproduktion des Manubriums bei Sarsien. Verh. Zool. Ges. 1896.
31) Hazen, A. P., The Regeneration of a Head instead of a Tail in an Earthworm. Anat. Anz. 16. 1899.
32) Hepke, P., Über histo- und organogenetische Vorgänge bei den Regenerationsprocessen der Naiden. Zeitschr. wiss. Zool. 63. 1898.
33) Herbst, C., Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss der veränderten chemischen Zusammensetzung etc. I. u. III. Zeitschr. wiss. Zool. 55. 1892 und Arch. Entw.-Mech. 2. 1896.
34) —— Über die Regeneration von antennenähnlichen Organen an Stelle von Augen. III. u. IV. Arch. Entw.-Mech. 9. 1899.
35) —— Über die Bedeutung der Reizphysiologie für die causale Auffassung der Ontogenese. II. Haupttheil: Die formativen Reize. Theil 1. Biol. Centr. 15. 1895. Theil 2 als separate Schrift. 1901. Vgl. Litt. zu B. III. 3.
36) Hertwig, O., Die Zelle und die Gewebe. II. Jena 1898.
37) Hescheler, K., Über Regenerationsvorgänge bei Lumbriciden. I. u. II. Jena Zeitschr. 30. 1896 u. 31. 1898.
38) Hildebrand, F., Die Gattung Cyclamen. Jena 1898.
39) Joest, E., Transplantationsversuche an Regenwürmern. Arch. Entw.-Mech. 5. 1897.

40) King, H. D., Regeneration in Asterias vulgaris. Arch. Entw.-Mech. 7. 1898 u. 9. 1900.
41) Korschelt, E., Über das Regenerationsvermögen der Regenwürmer. Sitz.-ber. Ges. Naturw. Marburg. 1897.
42) Kroeber, J., An exper. demonstration of the regeneration of the Pharynx of Allolobophora from Endoderm. Biol. Bull. 2. 1900.
43) Küster, E., Beiträge zur Anatomie der Gallen. Flora 1900.
44) Loeb, J., Untersuchungen zur physiologischen Morphologie der Tiere. I. u. II. Würzburg 1891/2.
45) —— On the Transformation and Regeneration of organs. Amer. Journ. Physiol. 4. 1900.
46) Lopriore, Über die Regeneration gespaltener Wurzeln. Nova Acta Ac. Leop. 66.
47) Massart, J., La cicatrisation chez les végétaux. Bruxelles 1898.
48) Mattirolo, O., Malphigia Bd. 13. 1900. p. 382. (Wortlaut des Titels mir unbekannt; lag mir nur als Referat vor).
49) Michel, A., Recherches sur la régénération chez les Annélides. Bull. scient. France et Belg. 31. 1898.
50) Monti, R., La Rigenerazione nelle Planarie marine. Mem. Ist. Lomb. Scienze. 19. 1900.
51) Morgan, T. H., A Study of Metamerism. Quart. Journ. Micr. Sc. 37. 1895.
52) —— Exp. Studies of the Regeneration of Planaria maculata. Arch. Entw.-Mech. 7. 1898.
52a) —— A Confirmation of Spallanzani's Discovery of an Earthworm regenerating a Tail in place of a Head. Anat. Anz. 15. 1899.
53) —— Regeneration of Tissue composed of parts of two species. Biol. Bull. 1. 1899.
54) —— Regeneration in the Hydromedusa Goniomemus vertens. Amer. Natur. 33. 1899.
55) —— Regeneration: Old and New Interpretation. Biol. Lect. Woods Holl. 1899. 1900.
56) —— Regeneration in Bipalium. Arch. Entw.-Mech. 9. 1900.
57) —— Regeneration in Planarians. Ebenda. 10. 1900.
58) —— Regeneration in Teleosts. Ebenda.
59) —— Regeneration in Tubularia. Ebenda. 11. 1901.
60) Nestler, A., Über die durch Wundreiz bewirkten Bewegungserscheinungen des Zellkernes und des Protoplasmas. Sitz.-Ber. Acad. Wien. 107. Abth. I. 1898.
61) Nusbaum, J., und Sidoriak, S., Beiträge zur Kenntnis der Regenerationsvorgänge nach künstlichen Verletzungen bei älteren Bachforellenembryonen. Arch. Entw.-Mech. 10. 1900.
62) Parke, H. H., Variation and Regulation of Abnormalities in Hydra. Ebenda.
63) Peebles, F., Experimental Studies on Hydra. Ebenda. 5. 1897.
64) —— Experiments in Regeneration and in Grafting of Hydrozoa. Ebenda. 10. 1900.
65) Peters, L., Beiträge zur Kenntnis der Wundheilung bei Helianthus annuus und Polygonum cuspidatum. Inaug.-Diss. Göttingen. 1897.
66) Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. I. Leipzig 1897.
67) Pflüger, E., Die teleologische Mechanik der lebendigen Natur. Pflüger's Arch. 15. 1877.

68) Przibram, H., Experimentelle Studien über Regeneration. Arch. Entw.-Mech. 11. 1901.
69) Rand, H. W., Regeneration and Regulation in Hydra viridis. Arch. Entw.-Mech. 8. 1899.
70) —— The Regulation of Graft abnormalities in Hydra. Ebenda. 9. 1899.
71) Randolph, H., The regeneration of the tail of Lumbriculus. Journ. Morph. 7. 1892.
72) Regel, Die Vermehrung der Begonien aus ihren Blättern. Jen. Zeitschr. 1876.
73) Reinke, J., Über Caulerpa. Wiss. Meeresunters. N. F. 5. 1899.
74) Rhumbler, L., Physikalische Analyse von Lebenserscheinungen der Zelle. I. Arch. Entw.-Mech. 7. 1898.
75) Ribbert, H., Beiträge zur kompensatorischen Hypertrophie und zur Regeneration. Ebenda. 1. 1894.
76) —— Über Veränderungen transplantirter Gewebe. Ebenda. 6. 1897.
77) Ritter, W. E., und Congdon, E. M., On the Inhibition by artificial section of the normal fission Plane in Stenostoma. Proc. Californ. Acad. Scienc. 2. 1900.
78) Schultz, E., Aus dem Gebiete der Regeneration. Zeitschr. wiss. Zool. 66. 1899.
79) Schultze, L., Die Regeneration des Ganglions von Ciona intestinalis. Jen. Zeitschr. 33. 1899.
80) Spallanzani, L., Prodromo di un' opera sopra le riproduzioni animali. Op. Tom. 4. Milano 1826.
81) Spemann, H., Experimentelle Erzeugung zweiköpfiger Embryonen. Sitz.-Ber. Phys.-med. Ges. Würzburg 1900.
82) Tornier, G., Über Hyperdaktylie, Regeneration und Vererbung mit Experimenten. Arch. Entw.-Mech. 3 u. 4. 1896.
83) —— Über experimentell erzeugte dreischwänzige Eidechsen und Doppelgliedmaßen von Molchen. Zool. Anz. 20. 1897.
84) —— Über Operationsmethoden, welche sicher Hyperdaktylie erzeugen etc. Ebenda.
85) —— Über Schwanzregeneration und Doppelschwänze bei Eidechsen. Sitz.-Ber. Ges. Nat. Freunde. Berlin 1897.
86) —— Das Entstehen von Käfermissbildungen, besonders Hyperantennie und Hypermelie. Arch. Entw.-Mech. 9. 1900.
87) —— Über Amphibiengabelschwänze und einige Grundgesetze der Regeneration. Zool. Anz. 22. 1900.
88) Verworn, M., Biologische Protistenstudien. Zeitschr. wiss. Zool. 46. 1888.
89) —— Die physiologische Bedeutung des Zellkerns. Pflüger's Arch. 51. 1891.
90) Vöchting, H., Über Organbildung im Pflanzenreich I u. II. Bonn 1878 u. 1884.
91) —— Über die Regeneration der Marchantieen. Jahrb. wiss. Bot. 26. 1885.
92) —— Zur Physiologie der Knollengewächse. Ebenda 34. 1899.
93) v. Wagner, F., Beiträge zur Kenntnis der Reparationsprocesse bei Lumbriculus variegatus. I. Zool. Jahrb. Abth. f. An. 13. 1900.
94) Wetzel, G., Transplantationsversuche mit Hydra. Arch. mikr. An. 52. 1898.
95) Winkler, H., Über Polarität, Regeneration und Heteromorphose bei Bryopsis Jahrb. wiss. Bot. 35. 1900.

96) Wolff, G., Entwickelungsphysiologische Studien. I. Die Regeneration der Urodelenlinse. Arch. Entw.-Mech. 1. 1895.
97) Ziegler, E., Über die Ursachen der pathologischen Gewebsneubildung. Intern. Beitr. z. wiss. Med. Festschrift Virchow. 2. 1892.

Zu B. III. 3. (Vermittelung).

1) Driesch, H., Die taktische Reizbarkeit der Mesenchymzellen von Echinus microtuberculatus. Arch. Entw.-Mech. 3. 1896.
2) —— Studien über das Regulationsvermögen. II. Arch. Entw.-Mech. 9. 1899 und V. Ebenda 11. 1901.
3) —— Die Lokalisation morphogenetischer Vorgänge. Ebenda 8. 1899. Auch Separat.
4) —— Resultate und Probleme der Entwickelungsphysiologie. Erg. d. An. u. Entw. 8. 1899 (für 1898).
5) Goebel, K., Organographie der Pflanzen. I. 1898.
6) Herbst, C., Exper. Unters. II. Weiteres über die morphologische Wirkung der Lithiumsalze. Mitth. Station Neapel 11. 1893.
7) —— Über die Regeneration von antennenähnlichen Organen etc. III. u. IV. Arch. Entw.-Mech. 9. 1899.
8) —— Formative Reize in der thierischen Ontogenese. Leipzig. Georgi. 1901. (Zugleich zweiter Theil der zu A. IV. als No. 35 genannten Abhandlung.)
9) Hertwig, O., Die Zelle und die Gewebe II. 1898.
10) Loeb, J., Zur Theorie der physiologischen Licht- und Schwerkraftswirkungen. Pflüger's Arch. 66. 1897.
11) Morgan, T. H., Regeneration in Tubularia. Arch. Entw.-Mech. 11. 1901.
12) Munk, H., Zur Lehre von der Schilddrüse. Virchow's Arch. 150. 1897.
13) Peebles, F., Experimental Studies on Hydra. Arch. Entw.-Mech. 5. 1897.
14) Ribbert, H., Über Transplantation von Ovarium, Hoden und Mamma. Ebenda. 7. 1898.
15) Rieger, C., Die Castration. Jena 1900.
16) Sachs, C., Stoff und Form der Pflanzenorgane. Arb. a. d. bot. Inst. Würzburg. II. 1882.
17) Winkler, H., Über Polarität etc. bei Bryopsis. Jahrb. wiss. Bot. 35. 1900.

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

59/4,—

9/7-32/7 K.